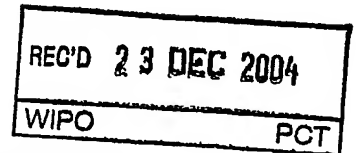


02.11.2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 1 0 月 3 0 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 3 7 0 1 3 8
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 7 0 1 3 8]

出 願 人
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 2 月 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋
BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願
【整理番号】 2022040314
【提出日】 平成15年10月30日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01Q 3/00
H01Q 15/18
H01Q 9/10

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 山本 温

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 岩井 浩

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 小川 晃一

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電子部品株式会社内
【氏名】 西村 章太郎

【特許出願人】
【識別番号】 000005821
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地
【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】
【識別番号】 100086405
【弁理士】
【氏名又は名称】 河宮 治
【電話番号】 06-6949-1261
【ファクシミリ番号】 06-6949-0361

【選任した代理人】
【識別番号】 100098280
【弁理士】
【氏名又は名称】 石野 正弘
【電話番号】 06-6949-1261
【ファクシミリ番号】 06-6949-0361

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 163028
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9602660

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

接地導体上に設けられ、方形導波管とアンテナ素子にてそれぞれ構成される複数の導波管アンテナ部を備えた導波管アレーアンテナ装置であって、

上記各方形導波管は、上記接地導体と、上記接地導体に対向する天井導体と、上記接地導体と上記天井導体とを連結しかつ互いに対向する 2 つの側面導体とからそれぞれ構成され、終端導体により短絡された端部と開放された端部とをそれぞれ有し、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の多角形の対応する辺から外側に向かって延在し、

上記各アンテナ素子は、一端が上記各天井導体であって上記各方形導波管の開放された端部の近傍に電氣的に接続されかつ他端が上記接地導体に位置する複数の給電部のうちの 1 つにそれぞれ電氣的に接続され、

上記各導波管アンテナ部は、当該導波管アンテナ部を構成する上記方形導波管の開放された端部において所定の指向特性で無線信号を送受信することを特徴とする導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 2】

上記複数の導波管アンテナ部の構造が互いに等しく、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の正多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の正多角形の対応する辺から外側に向かって延在していることを特徴とする請求項 1 記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 3】

接地導体上に設けられ、方形導波管とアンテナ素子にてそれぞれ構成される複数の導波管アンテナ部を備えた導波管アレーアンテナ装置であって、

上記各方形導波管は、上記接地導体と、上記接地導体に対向する天井導体と、上記接地導体と上記天井導体とを連結しかつ互いに対向する 2 つの側面導体とからそれぞれ構成され、終端導体により短絡された端部と開放された端部とをそれぞれ有し、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の多角形の対応する辺から外側に向かって延在し、少なくとも 1 つの上記方形導波管は、上記天井導体において、上記方形導波管の幅方向にわたって形成された少なくとも 1 つのスロットとを備え、

上記各アンテナ素子は、一端が上記各天井導体であって上記各方形導波管の開放された端部の近傍に電氣的に接続されかつ他端が上記接地導体に位置する複数の給電部のうちの 1 つにそれぞれ電氣的に接続され、

上記各導波管アンテナ部は、当該導波管アンテナ部を構成する上記方形導波管の開放された端部において所定の指向特性で無線信号を送受信することを特徴とする導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 4】

上記導波管アレーアンテナ装置は上記給電部の個数の整数倍の個数のスロットを備え、上記スロットが同じ個数ずつ上記給電部と同じ個数の上記導波管アンテナ部を構成する上記天井導体に設けられ、上記複数の導波管アンテナ部の構造が互いに等しく、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の正多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の正多角形の対応する辺から外側に向かって延在していることを特徴とする請求項 3 記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 5】

上記各スロットは、上記各天井導体におけるアンテナ素子との接続点と、上記各終端導体との間の位置に形成されたことを特徴とする請求項 3 又は 4 記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 6】

上記方形導波管の内部空間の少なくとも一部の空間を誘電体で充填したことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のうちの 1 つに記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 7】

上記接地導体は互いに対向する第 1 と第 2 の面を有する誘電体基板の第 1 の面上に形成された導体パターンにより形成され、

上記各天井導体は上記誘電体基板の第 2 の面上に形成された導体パターンにより形成され、

上記側面導体と上記終端導体は上記誘電体基板をその厚さ方向に形成されたスルーホールに導体を充填してなる複数のスルーホール導体により形成されたことを特徴とする請求項 6 記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 8】

接地導体上に設けられ、方形導波管とアンテナ素子にてそれぞれ構成される複数の導波管アンテナ部を備えた導波管アレーアンテナ装置であって、

上記各方形導波管は、上記接地導体と、上記接地導体に対向する天井導体と、上記接地導体と上記天井導体とを連結しかつ互いに対向する 2 つの仕切壁導体とからそれぞれ構成され、互いに隣接する 2 つの方形導波管の間で上記仕切壁導体を共有するように隣接して並置され、上記各方形導波管は、終端導体により短絡された端部と開放された端部とをそれぞれ有し、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の多角形の対応する辺から外側に向かって延在し、

上記各アンテナ素子は、一端が上記各天井導体であって上記各方形導波管の開放された端部の近傍に電氣的に接続されかつ他端が上記接地導体に位置する複数の給電部のうちの 1 つにそれぞれ電氣的に接続され、

上記各導波管アンテナ部は、当該導波管アンテナ部を構成する上記方形導波管の開放された端部において所定の指向特性で無線信号を送受信することを特徴とする導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 9】

上記複数の導波管アンテナ部の構造が互いに等しく、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の正多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の正多角形の対応する辺から外側に向かって延在していることを特徴とする請求項 8 記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 10】

接地導体上に設けられ、方形導波管とアンテナ素子にてそれぞれ構成される複数の導波管アンテナ部を備えた導波管アレーアンテナ装置であって、

上記各方形導波管は、上記接地導体と、上記接地導体に対向する天井導体と、上記接地導体と上記天井導体とを連結しかつ互いに対向する 2 つの仕切壁導体とからそれぞれ構成され、互いに隣接する 2 つの方形導波管の間で上記仕切壁導体を共有するように隣接して並置され、上記各方形導波管は、終端導体により短絡された端部と開放された端部とをそれぞれ有し、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の多角形の対応する辺から外側に向かって延在し、少なくとも 1 つの上記方形導波管は、上記天井導体において、上記方形導波管の幅方向にわたって形成された少なくとも 1 つのスロットとを備え、

上記各アンテナ素子は、一端が上記各天井導体であって上記各方形導波管の開放された端部の近傍に電氣的に接続されかつ他端が上記接地導体に位置する複数の給電部のうちの 1 つにそれぞれ電氣的に接続され、

上記各導波管アンテナ部は、当該導波管アンテナ部を構成する上記方形導波管の開放された端部において所定の指向特性で無線信号を送受信することを特徴とする導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 11】

上記導波管アレーアンテナ装置は上記給電部の個数の整数倍の個数のスロットを備え、上記スロットが同じ個数ずつ上記給電部と同じ個数の上記導波管アンテナ部を構成する上記天井導体に設けられ、上記複数の導波管アンテナ部の構造が互いに等しく、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の正多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の正多角形の対応する辺から外側に向かって延在していることを特徴とする請求項 10 記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 12】

上記各スロットは、上記各天井導体におけるアンテナ素子との接続点と、上記各終端導体との間の位置に形成されたことを特徴とする請求項 10 又は 11 記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 13】

上記方形導波管の内部空間の少なくとも一部の空間を誘電体で充填したことを特徴とする請求項 8 乃至 12 のうちの 1 つに記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 14】

上記接地導体は互いに対向する第 1 と第 2 の面を有する誘電体基板の第 1 の面上に形成された導体パターンにより形成され、

上記各天井導体は上記誘電体基板の第 2 の面上に形成された導体パターンにより形成され、

上記仕切壁導体と上記終端導体は上記誘電体基板をその厚さ方向に形成されたスルーホールに導体を充填してなる複数のスルーホール導体により形成されたことを特徴とする請求項 13 記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 15】

上記接地導体と電氣的に接続され、上記導波管アレーアンテナ装置の入力インピーダンスを調整するための少なくとも 1 つの整合導体をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 14 のうちの 1 つに記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 16】

上記アンテナ素子のうちの少なくとも 1 つは、上記整合導体のうちの少なくとも 1 つと電氣的に接続されたことを特徴とする請求項 15 記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 17】

上記天井導体のうちの少なくとも 1 つは、上記整合導体のうちの少なくとも 1 つと電氣的に接続されたことを特徴とする請求項 15 記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 18】

上記接地導体と電氣的に接続され、上記導波管アレーアンテナ装置の指向特性を変化させるための少なくとも 1 つの指向特性制御導体をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 17 のうちのいずれか 1 つに記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 19】

上記指向特性制御導体は、

上記接地導体に電氣的に接続され、上記接地導体に対して実質的に垂直となるように設けられ、上記接地導体に対して実質的に垂直な平面の指向特性を制御するための第 1 の導体部分と、

上記第 1 の導体部分に接続され、上記接地導体に対して実質的に平行となるように設けられ、上記接地導体に対して実質的に平行な平面の指向特性を制御するための第 2 の導体部分とを備えたことを特徴とする請求項 18 記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 20】

上記指向特性制御導体の上記第 2 の導体部分は、当該第 2 の導体部分の長手方向の中央において上記指向特性制御導体の上記第 1 の導体部分と接続され、

上記第 1 の導体部分の長さとして上記第 2 の導体部分の半分の長さとの和は、上記指向特性制御導体によって指向特性が制御される導波管アンテナ部の共振周波数に対応する波長の

概略 4 分の 1 の長さであることを特徴とする請求項 19 記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 21】

上記複数のアンテナ素子を選択的に切り替えることにより、当該導波管アレーアンテナ装置の指向特性を変化させるスイッチ手段をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 20 のうちの 1 つに記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 22】

上記複数のアンテナ素子で受信される各無線信号の信号レベルを検出し、最大の信号レベルを有する無線信号を受信したアンテナ素子を選択するように上記スイッチ手段を制御する制御手段をさらに備えたことを特徴とする請求項 21 記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 23】

上記複数のアンテナ素子で受信された各無線信号の信号レベルを調整する複数の調整回路と、

上記各調整回路からの出力信号の位相量を調整する複数の移相器と、

上記各移相器からの出力信号を合成して、合成後の信号を出力する信号合成器とをさらに備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 20 のうちの 1 つに記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 24】

上記合成器からの出力信号の信号レベルが最大となるような、上記各調整回路における信号レベルの調整量と、上記各移相器における位相量とを計算し、上記計算した調整量と位相量とに基づいて上記複数の調整回路と上記複数の移相器とを制御する制御手段をさらに備えたことを特徴とする請求項 23 記載の導波管アレーアンテナ装置。

【請求項 25】

上記導波管アレーアンテナ装置は、概略円形状の底面を有するレドームにより被覆されたことを特徴とする請求項 1 乃至 24 のうちの 1 つに記載の導波管アレーアンテナ装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】導波管アレーアンテナ装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、それぞれ方形導波管を有する複数の導波管アンテナ部を備えて構成された導波管アレーアンテナ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

水平面において一方向に強く放射するセクタアンテナを複数個備えてなるアレーアンテナ装置として、例えば、特許文献1記載のアンテナ装置がある。

【0003】

特許文献1の図1を参照すると、このアンテナ装置は、少なくとも表面が導体の接地導体と、当該接地導体の上に鉛直に設けられる、少なくとも1つのアンテナ素子と、当該アンテナ素子の両側に設けられた側面導体と、当該アンテナ素子の後方（すなわち無線信号の放射方向とは逆の方向）に設けられた反射導体とによって構成される、三次元コーナリフレクタアンテナ装置において、前述のアンテナ素子の両側にある側面導体に、1つ又は複数の少なくとも表面が導体のフィンを取りつけたことを特徴としている。

【0004】

特許文献1の図2には、側面導体の長さを 2λ （ λ は基準周波数 f_0 の波長）とし、側面導体間のコーナ角を 30° とし、側面導体と反射導体の高さを 0.6λ としてアンテナ装置を試作したときの放射指向特性が示されている。なお、導体フィンは各側面導体に2枚ずつ設けられ、導体フィンの幅は 0.2λ で長さは 1λ であり、アンテナ素子の後方の反射導体とアンテナ素子との間隔を 0.4λ としている。このとき、このアンテナ装置の水平面内放射指向特性は、特許文献1の図2（a）に示すように、3dBビーム幅が 36° であるセクタビームとなっていることがわかる。一方、このアンテナ装置の垂直面内放射指向特性は、特許文献1の図2（b）に示すように、チルト角が 26° であり、3dBビーム幅が 34° となる。特許文献1の図9によれば、導体フィンがない場合、このアンテナ装置の水平面内放射指向特性は、3dBビーム幅が 42° であるセクタビームとなり、導体フィンにより 6° だけ狭くなっていることがわかる。また、導体フィンがない場合の垂直面内放射指向特性はチルト角が 26° であり、3dBビーム幅 32° となって、導体フィンがある場合と同じである。

【0005】

従って、特許文献1に開示された導体フィン（金属ひれ）付きの三次元コーナリフレクタアンテナは、導体フィンによる電磁界分布制御の効果により、垂直面内放射指向特性の形状やチルト角をほとんど変えることなく、水平面内放射指向特性のみビーム幅を鋭くすることができる。以上説明したように、しかも簡単な構造であって、所望の水平面内指向特性を持つ小型で優れたセクタアンテナ装置を実現できる。特許文献1の図5に示されたように、このセクタアンテナの放射方向が外側に向き、反射導体が内側を向くように複数のセクタアンテナを円形に並置することによって、指向特性が切り替え可能なアレーアンテナ装置を構成することができる。

【0006】

【特許文献1】特開平9-135115号公報。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献1に開示された従来例には、次のような問題があった。前述のように、従来例のアンテナ装置はアンテナ高（すなわち、側面導体及び反射導体の高さ）が 0.6 波長あり、薄型のアンテナ装置であるとは言えない。室内の天井等にアンテナを配置する場合は人目に付かないように小型で薄型である形状が望まれる。例えば、送受信する無線信号の周波数が900MHzである場合、 0.6 波長は198mmであり、当該

アンテナ装置がカバーを備えていると仮定すると、少なくとも200mm以上の高さになる。従って、薄型である形状にすることのできないために人目に付きやすい従来例の構造は不適当といわざるを得なかった。

【0008】

本発明の目的は、以上の問題点を解決し、アンテナの高さが低くかつ大きさが小形であって一方向に非常に強い指向性を得て、その指向性を切り替え又は変化させることが可能な導波管アレーアンテナ装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

第1の発明に係る導波管アレーアンテナ装置は、接地導体上に設けられ、方形導波管とアンテナ素子にてそれぞれ構成される複数の導波管アンテナ部を備えた導波管アレーアンテナ装置であって、

上記各方形導波管は、上記接地導体と、上記接地導体に対向する天井導体と、上記接地導体と上記天井導体とを連結しかつ互いに対向する2つの側面導体とからそれぞれ構成され、終端導体により短絡された端部と開放された端部とをそれぞれ有し、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の多角形の対応する辺から外側に向かって延在し、

上記各アンテナ素子は、一端が上記各天井導体であって上記各方形導波管の開放された端部の近傍に電氣的に接続されかつ他端が上記接地導体に位置する複数の給電部のうちの1つにそれぞれ電氣的に接続され、

上記各導波管アンテナ部は、当該導波管アンテナ部を構成する上記方形導波管の開放された端部において所定の指向特性で無線信号を送受信することを特徴とする。

【0010】

上記導波管アレーアンテナ装置において、上記複数の導波管アンテナ部の構造が互いに等しく、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の正多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の正多角形の対応する辺から外側に向かって延在していることを特徴とする。

【0011】

第2の発明に係る導波管アレーアンテナ装置は、接地導体上に設けられ、方形導波管とアンテナ素子にてそれぞれ構成される複数の導波管アンテナ部を備えた導波管アレーアンテナ装置であって、

上記各方形導波管は、上記接地導体と、上記接地導体に対向する天井導体と、上記接地導体と上記天井導体とを連結しかつ互いに対向する2つの側面導体とからそれぞれ構成され、終端導体により短絡された端部と開放された端部とをそれぞれ有し、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の多角形の対応する辺から外側に向かって延在し、少なくとも1つの上記方形導波管は、上記天井導体において、上記方形導波管の幅方向にわたって形成された少なくとも1つのスロットとを備え、

上記各アンテナ素子は、一端が上記各天井導体であって上記各方形導波管の開放された端部の近傍に電氣的に接続されかつ他端が上記接地導体に位置する複数の給電部のうちの1つにそれぞれ電氣的に接続され、

上記各導波管アンテナ部は、当該導波管アンテナ部を構成する上記方形導波管の開放された端部において所定の指向特性で無線信号を送受信することを特徴とする。

【0012】

上記導波管アレーアンテナ装置において、上記導波管アレーアンテナ装置は上記給電部の個数の整数倍の個数のスロットを備え、上記スロットが同じ個数ずつ上記給電部と同じ個数の上記導波管アンテナ部を構成する上記天井導体に設けられ、上記複数の導波管アンテナ部の構造が互いに等しく、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の

個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の正多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の正多角形の対応する辺から外側に向かって延在していることを特徴とする。

【0013】

また、上記導波管アレーアンテナ装置において、上記各スロットは、上記各天井導体におけるアンテナ素子との接続点と、上記各終端導体との間の位置に形成されたことを特徴とする。

【0014】

さらに、上記導波管アレーアンテナ装置において、上記方形導波管の内部空間の少なくとも一部の空間を誘電体で充填したことを特徴とする。

【0015】

またさらに、上記導波管アレーアンテナ装置において、上記接地導体は互いに対向する第1と第2の面を有する誘電体基板の第1の面上に形成された導体パターンにより形成され、

上記各天井導体は上記誘電体基板の第2の面上に形成された導体パターンにより形成され、

上記側面導体と上記終端導体は上記誘電体基板をその厚さ方向に形成されたスルーホールに導体を充填してなる複数のスルーホール導体により形成されたことを特徴とする。

【0016】

第3の発明に係る導波管アレーアンテナ装置は、接地導体上に設けられ、方形導波管とアンテナ素子にてそれぞれ構成される複数の導波管アンテナ部を備えた導波管アレーアンテナ装置であって、

上記各方形導波管は、上記接地導体と、上記接地導体に対向する天井導体と、上記接地導体と上記天井導体とを連結しかつ互いに対向する2つの仕切壁導体とからそれぞれ構成され、互いに隣接する2つの方形導波管の間で上記仕切壁導体を共有するように隣接して並置され、上記各方形導波管は、終端導体により短絡された端部と開放された端部とをそれぞれ有し、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の多角形の対応する辺から外側に向かって延在し、

上記各アンテナ素子は、一端が上記各天井導体であって上記各方形導波管の開放された端部の近傍に電氣的に接続されかつ他端が上記接地導体に位置する複数の給電部のうちの1つにそれぞれ電氣的に接続され、

上記各導波管アンテナ部は、当該導波管アンテナ部を構成する上記方形導波管の開放された端部において所定の指向特性で無線信号を送受信することを特徴とする。

【0017】

上記導波管アレーアンテナ装置において、上記複数の導波管アンテナ部の構造が互いに等しく、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の正多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の正多角形の対応する辺から外側に向かって延在していることを特徴とする。

【0018】

第4の発明に係る導波管アレーアンテナ装置は、接地導体上に設けられ、方形導波管とアンテナ素子にてそれぞれ構成される複数の導波管アンテナ部を備えた導波管アレーアンテナ装置であって、

上記各方形導波管は、上記接地導体と、上記接地導体に対向する天井導体と、上記接地導体と上記天井導体とを連結しかつ互いに対向する2つの仕切壁導体とからそれぞれ構成され、互いに隣接する2つの方形導波管の間で上記仕切壁導体を共有するように隣接して並置され、上記各方形導波管は、終端導体により短絡された端部と開放された端部とをそれぞれ有し、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の多角形の対応する辺から外側に向かって延在し、少なくとも1つの上記方形

導波管は、上記天井導体において、上記方形導波管の幅方向にわたって形成された少なくとも1つのスロットとを備え、

上記各アンテナ素子は、一端が上記各天井導体であって上記各方形導波管の開放された端部の近傍に電氣的に接続されかつ他端が上記接地導体に位置する複数の給電部のうちの1つにそれぞれ電氣的に接続され、

上記各導波管アンテナ部は、当該導波管アンテナ部を構成する上記方形導波管の開放された端部において所定の指向特性で無線信号を送受信することを特徴とする。

【0019】

上記導波管アレーアンテナ装置において、上記導波管アレーアンテナ装置は上記給電部の個数の整数倍の個数のスロットを備え、上記スロットが同じ個数ずつ上記給電部と同じ個数の上記導波管アンテナ部を構成する上記天井導体に設けられ、上記複数の導波管アンテナ部の構造が互いに等しく、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の正多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の正多角形の対応する辺から外側に向かって延在していることを特徴とする。

【0020】

また、上記導波管アレーアンテナ装置において、上記各スロットは、上記各天井導体におけるアンテナ素子との接続点と、上記各終端導体との間の位置に形成されたことを特徴とする。

【0021】

さらに、上記導波管アレーアンテナ装置において、上記方形導波管の内部空間の少なくとも一部の空間を誘電体で充填したことを特徴とする。

【0022】

またさらに、上記導波管アレーアンテナ装置において、上記接地導体は互いに対向する第1と第2の面を有する誘電体基板の第1の面上に形成された導体パターンにより形成され、

上記各天井導体は上記誘電体基板の第2の面上に形成された導体パターンにより形成され、

上記仕切壁導体と上記終端導体は上記誘電体基板をその厚さ方向に形成されたスルーホールに導体を充填してなる複数のスルーホール導体により形成されたことを特徴とする。

【0023】

また、上記導波管アレーアンテナ装置において、上記接地導体と電氣的に接続され、上記導波管アレーアンテナ装置の入力インピーダンスを調整するための少なくとも1つの整合導体をさらに備えたことを特徴とする。

【0024】

さらに、上記導波管アレーアンテナ装置において、上記アンテナ素子のうちの少なくとも1つは、上記整合導体のうちの少なくとも1つと電氣的に接続されたことを特徴とする。

【0025】

またさらに、上記導波管アレーアンテナ装置において、上記天井導体のうちの少なくとも1つは、上記整合導体のうちの少なくとも1つと電氣的に接続されたことを特徴とする。

【0026】

また、上記導波管アレーアンテナ装置において、上記接地導体と電氣的に接続され、上記導波管アレーアンテナ装置の指向特性を変化させるための少なくとも1つの指向特性制御導体をさらに備えたことを特徴とする。

【0027】

さらに、上記導波管アレーアンテナ装置において、上記指向特性制御導体は、上記接地導体に電氣的に接続され、上記接地導体に対して実質的に垂直となるように設けられ、上記接地導体に対して実質的に垂直な平面の指向特性を制御するための第1の導

体部分と、

上記第1の導体部分に接続され、上記接地導体に対して実質的に平行となるように設けられ、上記接地導体に対して実質的に平行な平面の指向特性を制御するための第2の導体部分とを備えたことを特徴とする。

【0028】

またさらに、上記導波管アレーアンテナ装置において、上記指向特性制御導体の上記第2の導体部分は、当該第2の導体部分の長手方向の中央において上記指向特性制御導体の上記第1の導体部分と接続され、

上記第1の導体部分の長さと同じ長さの導体部分の半分の長さとの和は、上記指向特性制御導体によって指向特性が制御される導波管アンテナ部の共振周波数に対応する波長の概略4分の1の長さであることを特徴とする。

【0029】

またさらに、上記導波管アレーアンテナ装置において、上記複数のアンテナ素子を選択的に切り替えることにより、当該導波管アレーアンテナ装置の指向特性を変化させるスイッチ手段をさらに備えたことを特徴とする。

【0030】

また、上記導波管アレーアンテナ装置において、上記複数のアンテナ素子で受信される各無線信号の信号レベルを検出し、最大の信号レベルを有する無線信号を受信したアンテナ素子を選択するように上記スイッチ手段を制御する制御手段をさらに備えたことを特徴とする。

【0031】

さらに、上記導波管アレーアンテナ装置において、上記複数のアンテナ素子で受信された各無線信号の信号レベルを調整する複数の調整回路と、

上記各調整回路からの出力信号の位相量を調整する複数の移相器と、

上記各移相器からの出力信号を合成して、合成後の信号を出力する信号合成器とをさらに備えたことを特徴とする。

【0032】

またさらに、上記導波管アレーアンテナ装置において、上記合成器からの出力信号の信号レベルが最大となるような、上記各調整回路における信号レベルの調整量と、上記各移相器における位相量とを計算し、上記計算した調整量と位相量とに基づいて上記複数の調整回路と上記複数の移相器とを制御する制御手段をさらに備えたことを特徴とする。

【0033】

またさらに、上記導波管アレーアンテナ装置において、上記導波管アレーアンテナ装置は、概略円形状の底面を有するレドームにより被覆されたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0034】

以上説明したように、第1の発明に係る導波管アレーアンテナ装置によれば、接地導体上に設けられ、方形導波管とアンテナ素子にてそれぞれ構成される複数の導波管アンテナ部を備えた導波管アレーアンテナ装置であって、

上記各方形導波管は、上記接地導体と、上記接地導体に対向する天井導体と、上記接地導体と上記天井導体とを連結しかつ互いに対向する2つの側面導体とからそれぞれ構成され、終端導体により短絡された端部と開放された端部とをそれぞれ有し、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の多角形の対応する辺から外側に向かって延在し、

上記各アンテナ素子は、一端が上記各天井導体であって上記各方形導波管の開放された端部の近傍に電氣的に接続されかつ他端が上記接地導体に位置する複数の給電部のうちの1つにそれぞれ電氣的に接続され、

上記各導波管アンテナ部は、当該導波管アンテナ部を構成する上記方形導波管の開放された端部において所定の指向特性で無線信号を送受信する。

従って、小形軽量であってかつ薄型形状を有し、しかも、しかも簡単な構造であって、上記各導波管アンテナ部のアンテナ素子を切り替え、又は上記各アンテナ素子からの出力信号を制御して合成することにより、従来技術に比較してより強い主ビームを所望の無線信号方向に向けることができる。

【0035】

また、第2の発明に係る導波管アレーアンテナ装置によれば、接地導体上に設けられ、方形導波管とアンテナ素子にてそれぞれ構成される複数の導波管アンテナ部を備えた導波管アレーアンテナ装置であって、

上記各方形導波管は、上記接地導体と、上記接地導体に対向する天井導体と、上記接地導体と上記天井導体とを連結しかつ互いに対向する2つの側面導体とからそれぞれ構成され、終端導体により短絡された端部と開放された端部とをそれぞれ有し、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の多角形の対応する辺から外側に向かって延在し、少なくとも1つの上記方形導波管は、上記天井導体において、上記方形導波管の幅方向にわたって形成された少なくとも1つのスロットとを備え、

上記各アンテナ素子は、一端が上記各天井導体であって上記各方形導波管の開放された端部の近傍に電氣的に接続されかつ他端が上記接地導体に位置する複数の給電部のうちの1つにそれぞれ電氣的に接続され、

上記各導波管アンテナ部は、当該導波管アンテナ部を構成する上記方形導波管の開放された端部において所定の指向特性で無線信号を送受信する。

従って、小形軽量であってかつ薄型形状を有し、しかも、しかも簡単な構造であって、上記各導波管アンテナ部のアンテナ素子を切り替え、又は上記各アンテナ素子からの出力信号を制御して合成することにより、従来技術に比較してより強い主ビームを所望の無線信号方向に向けることができる。さらに、上記各方形導波管にスロットを形成しているので、第1の発明に係る導波管アレーアンテナ装置に比較して高い利得を有する主ビームを有する指向特性を実現できる。

【0036】

さらに、第3の発明に係る導波管アレーアンテナ装置によれば、接地導体上に設けられ、方形導波管とアンテナ素子にてそれぞれ構成される複数の導波管アンテナ部を備えた導波管アレーアンテナ装置であって、

上記各方形導波管は、上記接地導体と、上記接地導体に対向する天井導体と、上記接地導体と上記天井導体とを連結しかつ互いに対向する2つの仕切壁導体とからそれぞれ構成され、互いに隣接する2つの方形導波管の間で上記仕切壁導体を共有するように隣接して並置され、上記各方形導波管は、終端導体により短絡された端部と開放された端部とをそれぞれ有し、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の多角形の対応する辺から外側に向かって延在し、

上記各アンテナ素子は、一端が上記各天井導体であって上記各方形導波管の開放された端部の近傍に電氣的に接続されかつ他端が上記接地導体に位置する複数の給電部のうちの1つにそれぞれ電氣的に接続され、

上記各導波管アンテナ部は、当該導波管アンテナ部を構成する上記方形導波管の開放された端部において所定の指向特性で無線信号を送受信する。

従って、小形軽量であってかつ薄型形状を有し、しかも、しかも簡単な構造であって、上記各導波管アンテナ部のアンテナ素子を切り替え、又は上記各アンテナ素子からの出力信号を制御して合成することにより、従来技術に比較してより強い主ビームを所望の無線信号方向に向けることができる。さらに、上記各方形導波管を例えば直方体形状の筐体内に配置することができ、第1及び第2の発明に係る導波管アレーアンテナ装置に比較して、より小型で実現できる。

【0037】

またさらに、第4の発明に係る導波管アレーアンテナ装置によれば、接地導体上に設けられ、方形導波管とアンテナ素子にてそれぞれ構成される複数の導波管アンテナ部を備えた導波管アレーアンテナ装置であって、

上記各方形導波管は、上記接地導体と、上記接地導体に対向する天井導体と、上記接地導体と上記天井導体とを連結しかつ互いに対向する2つの仕切壁導体とからそれぞれ構成され、互いに隣接する2つの方形導波管の間で上記仕切壁導体を共有するように隣接して並置され、上記各方形導波管は、終端導体により短絡された端部と開放された端部とをそれぞれ有し、上記各方形導波管の開放された端部は、上記方形導波管の個数と同じ個数の辺を有する上記接地導体上の多角形の対応する辺上に配置され、上記各方形導波管は上記接地導体上の多角形の対応する辺から外側に向かって延在し、少なくとも1つの上記方形導波管は、上記天井導体において、上記方形導波管の幅方向にわたって形成された少なくとも1つのスロットとを備え、

上記各アンテナ素子は、一端が上記各天井導体であって上記各方形導波管の開放された端部の近傍に電氣的に接続されかつ他端が上記接地導体に位置する複数の給電部のうちの1つにそれぞれ電氣的に接続され、

上記各導波管アンテナ部は、当該導波管アンテナ部を構成する上記方形導波管の開放された端部において所定の指向特性で無線信号を送受信する。

従って、小形軽量であってかつ薄型形状を有し、しかも、しかも簡単な構造であって、上記各導波管アンテナ部のアンテナ素子を切り替え、又は上記各アンテナ素子からの出力信号を制御して合成することにより、従来技術に比較してより強い主ビームを所望の無線信号方向に向けることができる。さらに、上記各方形導波管にスロットを形成しているの、第3の発明に係る導波管アレーアンテナ装置に比較して高い利得を有する主ビームを有する指向特性を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0038】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。説明のために、各図に示す三次元のXYZ座標系を参照する。

【0039】

<第1の実施形態>

図1は、本発明の第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【0040】

この導波管アレーアンテナ装置は、単一の接地導体11上に設けられ、4つの方形導波管501a, 501b, 501c, 501dとアンテナ素子13a, 13b, 13c, 13dにてそれぞれ構成される4つの導波管アンテナ部601a, 601b, 601c, 601dを備え、これら4つの導波管アンテナ部601a乃至601dは、その放射指向特性の主ビームがそれぞれ異なる方向であって互いに直交する方向を向くように設けられているので、無線信号を送受信するアンテナ素子13a乃至13dを選択的に切り替えることによって、導波管アレーアンテナ装置の指向特性を変化させることができる。ここで、各方形導波管501a乃至501dは、接地導体11と、この接地導体11に対向する天井導体15a, 15b, 15c, 15dと、接地導体11と天井導体15a乃至15dとを連結する側面導体(16a1, 16a2), (16b1, 16b2), (16c1, 16c2), (16d1, 16d2)とから構成され、終端導体14a, 14b, 14c, 14dにより短絡された端部と開放された端部とをそれぞれ有し、各方形導波管501a乃至501dの開放された端部は、接地導体11上の正方形(図示せず。)の辺上に位置するように設けられ、各方形導波管501a乃至501dは接地導体11上のこの正方形の辺から外側に向かって延在する。

【0041】

また、アンテナ素子13a乃至13dは、一端が天井導体15a乃至15dであって各方形導波管501a乃至501dの開放された端部の近傍に電氣的に接続されかつ他端が

接地導体 11 上に位置する給電部 12 a, 12 b, 12 c, 12 d に電氣的に接続されている。さらに、各導波管アンテナ部 601 a 乃至 601 d は、当該各導波管アンテナ部 601 a 乃至 601 d を構成する各方形導波管 501 a 乃至 501 d の開放された端部において所定の放射指向特性で無線信号を送受信する。各方形導波管 501 a 乃至 501 d は接地導体 11 上に異なる向きであって互いに直交するように設けられているので、これら 4 つの導波管アンテナ部 601 a 乃至 601 d の放射指向特性の主ビームはそれぞれ異なる方向であって互いに直交するように向き、ゆえに、無線信号を送受信する各アンテナ素子 13 a 乃至 13 d を選択的に切り替えることで導波管アレーアンテナ装置の指向特性を変化させることが可能になる。

【0042】

図 2 は、図 1 の導波管アレーアンテナ装置の一部であって、アンテナ素子 13 a を含む導波管アンテナ部 601 a の詳細構成を示す斜視図である。図 2 において、導波管アンテナ部 601 a は、XY 平面上に位置する底面の接地導体 11 と、当該導波管アレーアンテナ装置の上面にこの接地導体 11 に対向して配置された矩形形状の天井導体 15 a と、上記接地導体 11 及び上記天井導体 15 a をそれぞれ連結しかつ互いに対向する矩形形状の側面導体 16 a 1 及び 16 b 2 とにより形成された方形導波管 501 a を備え、上記方形導波管 501 a の一方の端部は、矩形形状の終端導体 14 a によって終端密閉されて短絡される一方、上記方形導波管 501 a の他方の端部は、終端導体で終端されていないので開放状態となっている（以下、当該端部を開放端という。）。ここで、これら接地導体 11 と側面導体 16 a 1 及び 16 b 2 と天井導体 15 a と終端導体 14 a とは、互いに機械的かつ電氣的に接続されるように連結されて、X 方向に平行な方向に無線信号を伝搬しかつ左端（すなわち -X 方向の端部）が閉じられた略直方体形状の方形導波管 501 a を構成している。

【0043】

次いで、天井導体 15 a の下面の右端近傍（すなわち +X 方向の端部近傍）でありかつ Y 方向の中心における接続点 10 a（この接続点 13 a から終端導体 14 c までの長さは、終端導体 14 c から管内波長の $1/4$ 波長又はその奇数倍の長さに設定される。）に、導体線からなるアンテナ素子 13 a の一端が半田付けにより機械的及び電氣的に接続される一方、アンテナ素子 13 a は接続点 10 a から下方に向かって垂直に延在し、さらに、アンテナ素子 13 a の他端は、接地導体 11 上の X 軸上に形成された円形孔において、接地導体 11 とは電氣的に絶縁された給電点 12 a に接続され、当該給電点 12 a はさらに、例えば同軸ケーブルの中心導体に電氣的に接続され、また、同軸ケーブルの接地導体は接地導体 11 に電氣的に接続される。これにより、無線送受信装置（図示せず。）から無線信号が同軸ケーブルを介して給電点 12 a に給電される。

【0044】

この方形導波管 501 a のサイズは、放射しようとする無線信号の最低周波数に依存し、すなわち、当該最低周波数を伝搬することができるような方形導波管 501 a のサイズを有することが必要とされる。

【0045】

さらに、アンテナ素子 13 b, 13 c 及び 13 d を含む導波管アンテナ部 601 b, 601 c, 601 d も同様に構成される。図 1 の導波管アレーアンテナ装置において、アンテナ素子 13 a 及び 13 c をそれぞれ含む各導波管アンテナ部 601 a, 601 c は、開放端を互いに対向させて X 軸上に配置され、アンテナ素子 13 b 及び 13 d をそれぞれ含む各導波管アンテナ部 601 b, 601 d は、開放端を互いに対向させて Y 軸上に配置される。このとき、各方形導波管 501 a 乃至 501 d の開放端は、接地導体 11 上の正方形の対応する辺上に位置するように設けられる。従って、側面導体 16 a 1 及び 16 d 2 が方形導波管 501 a, 501 d の開放端において互いに電氣的かつ機械的に接続され、同様に、側面導体 16 a 2 及び 16 b 1 が方形導波管 501 a, 501 b の開放端において互いに電氣的かつ機械的に接続され、側面導体 16 b 2 及び 16 c 1 が方形導波管 501 b, 501 c の開放端において互いに電氣的かつ機械的に接続され、側面導体 16 c 2

及び16d1が方形導波管501c, 501dの開放端において互いに電気的かつ機械的に接続される。

【0046】

ここで、天井導体15a乃至15dと終端導体14a乃至14dと側面導体16a1, 16a2乃至16d1, 16d2と接地導体11にてなる筐体部で囲まれた空間をアンテナ内部と呼び、天井導体15a乃至15dあるいは終端導体14a乃至14dあるいは側面導体16a1, 16a2乃至16d1, 16d2あるいは接地導体11に対してアンテナ内部と反対側の空間をアンテナ外部という。

【0047】

本実施形態では、一例として、接地導体11と終端導体14a乃至14dと側面導体16a1, 16a2乃至16d1, 16d2と天井導体15a乃至15dが電気的に接続され、各給電部12a乃至12dがX軸あるいはY軸上に配置され、アンテナ素子13a乃至13dがXY面に垂直な導体線で構成されている場合を示している。

【0048】

次に、本実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置の動作を図1乃至図4を参照して説明する。

【0049】

まず、アンテナ素子13aのみに給電されたときの本実施形態における導波管アレーアンテナ装置の動作原理を示す。図3(a)は図2の導波管アンテナ部601aの電界分布を示す斜視図であり、図3(b)は図2の導波管アンテナ部601aの磁流分布を示す斜視図である。

【0050】

この導波管アンテナ部601aにおいて、電波の放射はアンテナ素子13aを励振することによって行われ、天井導体15aと接地導体11の間に生じる電界101により電波は放射される。天井導体15aと接地導体11の間に生じる電界101の向きは図3(a)のようになる。この電界101を磁流に置き換えて説明すると、図3(b)のようにY軸と平行な線状磁流102に置き換えることができる。すなわち、電波の放射は、この磁流102による放射とも見ることができる。この磁流102の振幅はY方向の両端で零であってその中央部で最大値となるように正弦関数的に変化する。すなわち、この導波管アンテナ部601aは、Y軸と平行な線状磁流102のダイポールの指向特性を示す。このダイポールにより、XYZ座標系のYZ平面で垂直偏波の双指向性を得て、ZX平面において無指向性を得る。

【0051】

図2の導波管アンテナ部601aには磁流102のダイポールに対して-Z方向に接地導体11があり、これが反射板となる。このために電波は+Z方向に強く放射される。さらに、当該導波管アンテナ部601aには-X方向に終端導体14aがあり、これが反射板となるために、+X方向により強い指向性を示す。すなわち、当該導波管アンテナ部601aの構成により、XYZ座標系の+Z方向でかつ+X方向により強い指向性が得られる。

【0052】

従って、図1の導波管アレーアンテナ装置においてアンテナ素子13bに給電すると+Y方向により強い電波が放射され、アンテナ素子13cに給電すると-X方向により強い電波が放射される。また、アンテナ素子13dに給電すると-Y方向により強い電波が放射される。本実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置は、各アンテナ素子13a乃至13dに接続され、給電するアンテナ素子を切り換えるためのスイッチ(図示せず。)を用いて、所望方向により強い指向性を有するアンテナ素子を動作させることによって、電波の放射される方向を切り替えることが可能な指向性切り替えアンテナ装置を実現できる。これにより、水平面内で360度の範囲をカバーできる。

【0053】

また、これまで、当該導波管アレーアンテナ装置から電波を放射する場合を一例に説明

をしてきたが、電波（無線信号）を受信する場合も同様である。図4は、図1の導波管アレーアンテナ装置の指向特性を選択的に切り替えるためのスイッチの構成の一例を示すブロック図である。この場合、電波が到来してくる方向により強い指向性を持つアンテナ素子に、給電ケーブル（端子9を介して接続される。図示せず。）を接続することにより、高い受信電力が得られる。例えば、+X方向から電波が到来する場合は、切り替えスイッチ17によりアンテナ素子13aに給電ケーブルを接続すればよい。すなわち、図4に示すように、受信信号電力判定部18が各アンテナ素子13a乃至13dで受信される電波の電力の強さ（電波の信号レベルでもよい。）を判定して、受信される電波の電力が最大であるアンテナ素子を動作させるように切り替えスイッチ17を制御することにより、主ビームを電波の到来する方向に選択的に切り替えることが可能な指向性切り替えアンテナ装置を実現できる。これにより、水平面内で360度の範囲をカバーできる。

【0054】

<第1の実施形態の第1の実施例>

次に、実際に試作した導波管アレーアンテナ装置を図5に示す。図5は、本発明の第1の実施形態の第1の実施例に係る導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【0055】

図5において、一例として、各方形導波管501a乃至501dの幅に対応する終端導体14a乃至14dのXY平面内の長さが120mmであり、各方形導波管501a乃至501dの高さに対応する終端導体14a乃至14dと側面導体16a1, 16a2乃至16d1, 16d2のZ軸方向の長さが12mmであり、各方形導波管501a乃至501dの奥行きに対応する側面導体16a1, 16a2乃至16d1, 16d2のXY平面内の長さ天井導体15a乃至15dの幅が40mmであるとする。各給電部12a乃至12dはそれぞれX軸上あるいはY軸上に配置されている。

【0056】

以下、図6乃至図8の各特性図において、導波管アレーアンテナ装置が図5のような寸法を有するときの特性を示す。図6は、図5の導波管アレーアンテナ装置の反射係数 S_{11} の周波数特性を示す特性図である。図6に示したように、本実施形態の試作器である図5の導波管アレーアンテナ装置は2.5GHzで共振し、良好な反射特性を示していることがわかる。当該導波管アレーアンテナ装置は対称な形状をしているので、各アンテナ素子13b, 13c, 13dに給電した場合も同じ特性が得られる。

【0057】

図7は、図5の導波管アレーアンテナ装置のアンテナ素子13aに2.5GHzの無線信号を給電した場合の放射指向特性を示す特性図であり、図7(a)はXY平面（水平面）の放射指向特性を示す特性図であり、図7(b)はZX平面（垂直面）の放射指向特性を示す特性図である。図7において、放射指向特性に関する特性図の目盛りは1間隔が10dBであり、単位は理想的な点波源の放射電力を基準にしたdBiである。図7(b)より、電波の放射は+Z方向でかつ+X方向により強い指向性を示し、本実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置は、しかも簡単な構造であって、一方向により強い指向性を実現していることがわかる。最大放射方向は垂直面においてZ軸から+Xの方向に向かって35度の角度にあって、この角度では9.5dBiの高い利得が得られ、水平面においてもX軸上で正の方向に1.0dBiの利得が得られた。

【0058】

図8は、図5のアンテナ素子13a乃至13dを選択的に切り替えて動作させたときの導波管アレーアンテナ装置のXY平面の放射指向特性を示す特性図である。この特性図では、放射指向特性の主ビームのみを図示し、サイドローブは省略している。このように、給電するアンテナ素子を変えることにより、電波の放射方向を変えることができる。また、これまで、当該導波管アレーアンテナ装置から電波を放射する場合を一例に説明をしてきたが、電波を受信する場合も同様である。この場合、電波が到来してくる方向により強い指向性を持つアンテナ素子に給電ケーブル（図示せず。）を接続することにより、高い受信電力が得られる。例えば、+X方向から電波が到来する場合は、図4のような切り替

えスイッチ 17 によりアンテナ素子 13 a を給電ケーブルに接続すればよい。

【0059】

以上のように構成された本実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置により、無線信号を送信したい方向に電波の電力を集中して放射することが可能なアンテナ装置を実現できる。さらに、本実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置は、2.5 GHz の動作周波数において Z 軸方向の高さが 0.1 波長となるアンテナ装置を実現しており、これは非常に薄い厚さを有するアンテナ装置である。

【0060】

以上で示した実施形態や実施例においては、当該導波管アレーアンテナ装置が Z X 面及び Z Y 面に対して対称な構造である場合を示した。この場合、導波管アレーアンテナ装置からの放射電波の指向特性が Z X 面及び Z Y 面に対して対称になるという効果がある。

【0061】

以上説明したように、本実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置によれば、小形軽量であって薄型形状を有するとともに、しかも簡単な構造であって、より強い指向性を有する主ビームを異なる方向に向けて選択的に切り替えることが可能なアンテナ装置を実現できる。

【0062】

<第 1 の実施形態の第 2 の実施例>

図 9 は、本発明の第 1 の実施形態の第 2 の実施例に係る導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【0063】

本実施形態の第 1 の実施例においては、導波管アレーアンテナ装置が Z X 面及び Z Y 面に対して対称で、Z X 面での断面形状と Z Y 面での断面形状が同じであるアンテナ装置を例に挙げて説明したが、本発明に係る実施形態は必ずしもこの構成のアンテナ装置に限定されるものではない。例えば、放射対象空間が ± X 方向に長い場合、図 9 に示すように Y 方向に長いアンテナ装置にすることも可能である。図 9 では、アンテナ素子 12 a 及び 12 c を含む導波管アンテナ部 601 a、601 c の幅（すなわち、終端導体 14 a 及び 14 c と、天井導体 15 a 及び 15 c の Y 軸方向の長さ）が伸長されて 160 mm になっていて、それに応じて接地導体 11 も Y 軸方向に拡張されている。一方、アンテナ素子 12 b 及び 12 d を含む導波管アンテナ部 601 b、602 d の幅は図 5 の実施例と同じであり、その他の寸法も図 5 の寸法と同様である。

【0064】

図 10 は、図 9 の導波管アレーアンテナ装置のアンテナ素子 13 a に給電したときの放射指向特性を示す特性図であり、図 10 (a) は X Y 平面の放射指向特性を示す特性図であり、図 10 (b) は Z X 平面の放射指向特性を示す特性図である。このとき、最大放射方向は垂直面において Z 軸から + X の方向に向かって 35 度の角度にあって、10.5 dBi の高い利得が得られ、水平面においても X 軸上で正の方向に 3.0 dBi の利得が得られた。図 9 の構造により、± X 方向に指向性が強くなる。図 10 (a) と図 7 (a) を比べると、導波管アレーアンテナ装置のアンテナ素子 13 a 及び 13 c を含む方形導波管 501 a 及び 501 c の部分の幅を 40 mm だけ Y 軸方向に長くすることにより、水平面において 2 dB の利得が増加していることがわかる。

【0065】

図 11 は、図 9 のアンテナ素子 13 a 乃至 13 d を選択的に切り替えて動作させたときの導波管アレーアンテナ装置の X Y 平面の放射指向特性を示す特性図である。この特性図では、放射指向特性の主ビームのみを図示し、サイドローブは省略している。図 11 よりわかるように、本実施例の導波管アレーアンテナ装置は、X 方向により強い指向性が得られ、± X 方向に長い放射対象空間に適したアンテナとなる。このように、導波管アレーアンテナ装置の X 方向と Y 方向の長さを変えることにより、放射対象空間に最適な放射指向特性を持つアンテナ装置を実現できる。

【0066】

なお、本実施形態においては、当該導波管アレーアンテナ装置がZ X面及びZ Y面に対して対称な構造であるアンテナ装置を例に挙げて説明したが、本発明の実施形態は必ずしもこの構成のアンテナ装置に限定されるものではない。例えば、所望の放射指向特性あるいは入力インピーダンス特性を得るために、Z X面のみに対して対称な構造あるいはZ Y面のみに対して対称な構造も可能である。このような構造により放射対象空間に最適な放射指向特性を持つアンテナ装置を実現できる。

【0067】

なお、本実施形態においては、アンテナ素子13a乃至13dが導体線で構成された導波管アレーアンテナ装置を例に挙げて説明したが、本発明の実施形態は必ずしもこの構成のアンテナ装置に限定されるものではない。例えば、アンテナ素子13a乃至13dが板状の導体で構成される場合も可能である。これにより、所望の入力インピーダンス特性が得られ、反射損失の少ない高効率なアンテナ装置を実現できるという効果がある。

【0068】

<第1の実施形態の変形例>

図12は、本発明の第1の実施形態の第1の変形例に係る導波管アレーアンテナ装置における1つの導波管アンテナ部601aの構成を示す斜視図である。

【0069】

所望の入力インピーダンス特性を得るために、図12に示すように、図2の導波管アンテナ部601aの構成に加えて整合導体19aを備えてもよい。図12の導波管アンテナ部601aでは、線状の導体である整合導体19aは、アンテナ素子13aと平行でかつアンテナ素子13aから-X方向に若干ずれた接地導体11のX軸上の位置（すなわち、アンテナ素子13aから終端導体14aに向う方向に若干ずれた位置であって給電点12aの近傍）において接地導体11に電氣的に接続され、その接地導体11上の接続点から上方に向かって延在し、方形導波管501aの高さ（すなわち終端導体14aと側面導体16a1及び16a2の高さ）よりも短い長さを有する。この整合導体19aを備えたことにより、アンテナ素子13a近傍の電界を変化させ、アンテナ素子13aに流れる電流を変化させ、それによって、例えば導波管アレーアンテナ装置の入力インピーダンスを同軸ケーブルの特性インピーダンスに実質的に一致するように、導波管アレーアンテナ装置の入力インピーダンスを変化させることができる。従って、所望の入力インピーダンス特性が得られ、反射損失の少ない高効率なアンテナ装置を実現できるという特有の効果がある。

【0070】

図13は本発明の第1の実施形態の第2の変形例に係る導波管アレーアンテナ装置における1つの導波管アンテナ部601aの構成を示す斜視図である。所望のインピーダンス特性を得るために、図13に示すように、図2の導波管アンテナ部601aの構成に加えて、アンテナ素子13aと同じ長さの整合導体19a-1を、アンテナ素子13aと平行になるように接続してもよい。この場合、整合導体19a-1の一端は接地導体11に接続される一方、整合導体19a-1の他端は天井導体15aに接続される。

【0071】

図14は本発明の第1の実施形態の第3の変形例に係る導波管アレーアンテナ装置における1つの導波管アンテナ部601aの構成を示す斜視図である。

【0072】

所望のインピーダンス特性を得るために、図14に示すように、図2の導波管アンテナ部601aの構成に加えて整合導体19a-2を備えてもよい。図14において、線状の導体である整合導体19a-2は、接地導体11上に電氣的に接続され、その接地導体11上の接続点から上方に向かって延在した後、実質的に直角で折り曲げられ、アンテナ素子13aの略中央部の接続点81aに電氣的に接続される。これにより、アンテナ素子13aに流れる電流を整合導体19a-2を用いて直接的に変化させることができるために、インピーダンス特性を大幅に変化させることができるという特有の効果がある。従って、例えば導波管アレーアンテナ装置の入力インピーダンスを同軸ケーブルの特性インピー

ダンスに実質的に一致するように、導波管アレーアンテナ装置の入力インピーダンスを変化させることができ、所望の入力インピーダンス特性が得られ、反射損失の少ない高効率なアンテナ装置を実現できる。なお、図12乃至図14を参照して、アンテナ素子13aのインピーダンス調整法を一例に挙げて説明したが、それぞれの変形例は、他のアンテナ素子13b乃至13dについても同様の効果をもたらす。

【0073】

図15は、本発明の第1の実施形態の第4の変形例に係る導波管アレーアンテナ装置における1つの導波管アンテナ部601aの構成を示す斜視図である。

【0074】

本実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置の放射指向特性を変化させるために、図15に示すように、図2の導波管アンテナ部601aの構成に加えて、指向特性制御導体20aを備えてもよい。図15では、線状導体の指向特性制御導体20aが、接地導体11の上面のX軸上において、アンテナ素子13aに対してX軸上で正の方向に位置するように設けられ、指向特性制御導体20aの一端は接地導体11と接続点17aにおいて接続され、指向特性制御導体20aはその一端から上方に向かって延在し、方形導波管501aの高さ又はそれよりも若干短い長さを有する。当該導波管アンテナ部601aから放射される電波は、指向特性制御導体20aが導波器として動作する結果、指向特性制御導体20aを備えないときよりも、+X方向に指向性がより鋭くなるという特有の効果が得られる。なお、アンテナ素子13aの指向特性調整法を一例に挙げて説明したが他のアンテナ素子13b乃至13dについても同様の効果が得られる。

【0075】

図15の第4の変形例においては、指向特性制御導体20aを直線状の導体で構成したが、これを他の形状の導体で構成してもよい。例えば、指向特性制御導体20aが、螺旋状の導体線で構成されたヘリカル型整合導体で構成してもよいし、L字型に折れ曲がった導体線で構成してもよい。これにより、上述の鋭い指向性を有する効果を損なうことなく導波管アレーアンテナ装置の薄型化が可能になる。

【0076】

図16は、本発明の第1の実施形態の第5の変形例に係る導波管アレーアンテナ装置における1つの導波管アンテナ部601aの構成を示す斜視図である。

【0077】

図16においては、図2の導波管アンテナ部601aの構成において、アンテナ素子13aから+X方向にずれたX軸上の接地導体11の位置の接続点に、指向特性制御導体20a-1を設けたことを特徴としている。ここで、指向特性制御導体20a-1は、Z軸に平行な線状導体91と、Y軸に平行な線状導体92とから構成され、線状導体91の一端は接地導体11に電氣的に接続され、線状導体91はさらに上方に向かって延在し、方形導波管501aの高さ又はその高さよりも若干短い長さを有し、線状導体91の他端は線状導体92の中間部に接続される。このとき、最も望ましいのは、Z軸に平行な線状導体91がY軸に平行な線状導体92の中央部で接続され、Z軸に平行な線状導体91の長さ、Y軸に平行な線状導体92の半分の長さとの和が約1/4波長となる場合である。線状導体91及び92の長さをこのように構成することにより、当該導波管アレーアンテナ装置への給電時において、指向特性制御導体20a-1において共振が起こり、他の長さの設定のときよりも鋭い指向性について大きな効果を得る。図15の指向特性制御導体20aを備えた導波管アンテナ部601aの構成は、主として、導波管アレーアンテナ装置のZX平面内の指向特性を改善する技術であるが、図16の構成にすることにより、導波管アレーアンテナ装置のXY平面での指向特性も変化できる。

【0078】

図17は、本発明の第1の実施形態の第5の変形例の実施例に係る導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図であって、本発明者らにより実際に試作された導波管アレーアンテナ装置を示している。図17は、図5の構成の導波管アレーアンテナ装置に2.5GHzの動作周波数を有する指向特性制御導体20a-1を備えた場合を示している。図1

8は、図17の導波管アレーアンテナ装置の2.5GHzにおける放射指向特性を示す特性図であり、図18(a)はXY平面の放射指向特性を示す特性図であり、図18(b)はZX平面の放射指向特性を示す特性図である。図18の放射指向特性を参照すると、指向特性制御導体20a-1を備えたことによって、図7に示された図5の導波管アレーアンテナ装置の放射指向特性に比べて、水平面(XY面)においてはY軸方向への放射が増えていることがわかる。これにより、水平面においても、指向特性を大きく変化することが可能になる。なお、アンテナ素子13aの指向特性調整法を一例に挙げて説明したが他のアンテナ素子13b乃至13dについても同様の効果が得られる。

【0079】

なお、第1の実施形態の第5の変形例や実施例では、アンテナ素子13aに対して指向特性制御導体20a-1が1個だけ存在する場合について説明したが、複数のアンテナ素子13a乃至13dに対して少なくとも1つ、又は2個以上の指向特性制御導体が設けられている場合も可能である。これにより、導波管アレーアンテナ装置の構造の自由度が増え放射指向特性をさらに大きく制御することが可能になる。なお、指向特性制御導体20a-1を、図12乃至14に示された整合導体19a、19a-1、19a-2とともに備えてもよい。

【0080】

なお、本実施形態においては、接地導体11が多角形(すなわち正方形)で構成された構造のアンテナ装置を例に挙げて説明したが、本発明の実施形態は必ずしもこの構成のアンテナ装置に限定されるものではない。例えば、所望の放射指向特性あるいは入力インピーダンス特性を得るために、接地導体11は、長方形あるいはその他の多角形、あるいは半円の組み合わせあるいはその他の形状も可能である。

【0081】

また、当該導波管アレーアンテナ装置を天井等に設置する場合、当該アンテナ装置が目立たないように、アンテナ装置の形状と、天井面の升目又は部屋の形状とを揃えてほしいという要望がある。しかしながら、導波管アレーアンテナ装置の形状が長方形やその他の多角形の場合、天井面の升目又は部屋の形状は固定のため、当該導波管アレーアンテナ装置を設置する方向には制限が生じてしまう。この問題点を解決するために、以下の変形例に係る導波管アレーアンテナ装置を提案する。

【0082】

図19は、本発明の第1の実施形態の第6の変形例に係る導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。図19に示した変形例の導波管アレーアンテナ装置は、図1の導波管アレーアンテナ装置をレドーム21により被覆したことを特徴としている。接地導体11が接する底面が概略円形状(それ以外の楕円形状など他の形状であってもよい。)であるレドーム21を用いることにより、アンテナ特性を劣化させる湿気や埃等の進入を防ぎ導波管アレーアンテナ装置の特性を安定化させるとともに、当該導波管アレーアンテナ装置を天井に設置する際に、天井面の升目又は部屋の形状に気を使うことなく導波管アレーアンテナ装置を設置することが可能であるという特有の利点がある。さらに、導波管アレーアンテナ装置の底面が円形状の場合、導波管アレーアンテナ装置を回転させ取り付け方向を変化させることが可能である。これにより、電波の放射方向を調整することが可能になり、導波管アレーアンテナ装置の設置位置に最適な放射指向特性を獲得することができる。

【0083】

図20は、図1の導波管アレーアンテナ装置の指向特性を変化させるための合成回路の一例を示すブロック図である。

【0084】

上述の実施形態においては、図4の切り替えスイッチ17により受信電力のより強いアンテナ素子に給電ケーブルを接続する構成を例に挙げて説明したが、本発明の実施形態はこれに限られるものではない。例えば、図20に示すように、本実施形態の合成回路は、アンテナ素子13a乃至13dにそれぞれ振幅調整回路22a乃至22dを接続し、振幅

調整回路22a乃至22dにそれぞれ移相器23a乃至23dを接続し、各移相器23a乃至23dを合成器24に接続するように構成されてもよい。振幅調整回路22a乃至22dは、アンテナ素子13a乃至13dで受信された無線信号の振幅（又は信号レベル）を調整し、移相器23a乃至23dは、振幅調整回路22a乃至22dで振幅調整されて出力された無線信号の位相（又は位相量、もしくは移相量）を調整し、合成器24は、移相器23a乃至23d及び振幅調整回路22a乃至22dで振幅と位相が調整されて出力された無線信号の電力を合成し、端子9を介して給電ケーブル（図示せず。）に出力する。さらに、アンテナコントローラ25を備えることも可能である。アンテナコントローラ25は、合成回路からの出力信号の電力（又は信号レベル）が最大となるような、振幅調整回路22a乃至22dにおける振幅調整量と、移相器23a乃至23dにおける位相調整量（位相量又は移相量）を算出し、この算出された振幅及び位相の調整量に基づいて振幅調整回路22a乃至22dと移相器23a乃至23dを制御する。このように構成することにより、さらに受信電力の増加を実現できる。

【0085】

以上の実施形態や変形例においては、1個の導波管アレーアンテナ装置について説明しているが、本発明はこれに限らず、複数の当該導波管アレーアンテナ装置をアレー状に配置し、フェーズドアレーアンテナ及びアダプティブアンテナアレーを構成してもよい。これにより、さらなる放射電波の指向特性の制御が可能になる。

【0086】

<第2の実施形態>

以下、本発明の第2の実施形態について、図21を参照しながら説明する。

【0087】

図21は、本発明の第2の実施形態に係るスロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。図21において、スロット付き導波管アレーアンテナ装置は、図1の導波管アレーアンテナ装置に比較すると、当該スロット付き導波管アレーアンテナ装置に含まれる4つの方形導波管502a, 502b, 502c, 502dを構成する各天井導体15a乃至15dにおいて、各方形導波管502a乃至502d内の無線信号の伝搬方向に垂直な長手方向（すなわち、各方形導波管502a乃至502dの幅方向と同じ方向）を有し、管内波長の1/4波長に対して十分に小さい幅を有する1つのスロット30a乃至30dをそれぞれ備えている点が異なっている。ここで、スロット30a乃至30dは、各天井導体15a乃至15dにおいて、アンテナ素子13a乃至13dの接続部10a乃至10dと、終端導体14a乃至14dとの間に設けられている。ここで、アンテナ素子13aを有する方形導波管502aは導波管アンテナ部602aを構成し、アンテナ素子13bを有する方形導波管502bは導波管アンテナ部602bを構成し、アンテナ素子13cを有する方形導波管502cは導波管アンテナ部602cを構成し、アンテナ素子13dを有する方形導波管502dは導波管アンテナ部602dを構成する。

【0088】

本実施形態では、一例として、接地導体11がXY平面上にあり、接地導体11と終端導体14a乃至14dと側面導体16a1, 16a2乃至16d1, 16d2と天井導体15a乃至15dとが電氣的に接続され、各給電部12a乃至12dがX軸上あるいはY軸上に配置され、アンテナ素子13a乃至13dがXY面に垂直な導体線で構成され、スロット30a乃至30dが各天井導体15a乃至15d上に1つずつ存在する場合を示している。

【0089】

次に、当該スロット付き導波管アレーアンテナ装置のアンテナ素子13aのみに給電されたときの動作原理を図22乃至図24を用いて説明する。図22は、図21のスロット付き導波管アレーアンテナ装置の一部であって、アンテナ素子13aを含むスロット付き導波管アンテナ部602aの詳細構成を示す斜視図であり、図23は、図22のスロット付き導波管アンテナ部602aのXZ平面によって切断された断面図である。図24（a）は図22のスロット付き導波管アンテナ部602aの電界分布を示す斜視図であり、図

24 (b) は図 22 のスロット付き導波管アンテナ部 602 a の磁流分布を示す斜視図である。

【0090】

本実施形態においては、電波の放射はアンテナ素子 13 a を励振させることによって行われ、天井導体 15 a と接地導体 11 の間に生じる電界と、スロット 30 a に生じる電界とにより電波は放射される。従って、図 24 (a) に示すように、アンテナ素子 13 a によって天井導体 15 a と接地導体 11 との間に発生される電界 101 は、第 1 の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置の場合の図 3 (a) と同様になる。スロット 30 a に生じる電界 101 a は、その振幅がスロット 30 a の長手方向の端部で 0 であり、スロット 30 a の長手方向の中央で最大となる正弦関数的な分布になる。すなわち、当該スロット付き導波管アンテナ部 602 a のスロット 30 a は、Y 方向と平行な線状磁流のダイポールの指向特性を示す。このダイポールにより、XY 平面と YZ 平面で垂直偏波の双指向性を得て、XZ 平面において無指向性を得る。一方、図 23 に本実施形態のスロット付き導波管アンテナ部 602 a に流れる電流分布を示す。電流 110 は、給電部 12 a からアンテナ素子 13 a に沿って流れ、スロット 30 a と天井導体 15 a を介して終端導体 14 a へ流れ、終端導体 14 a から接地導体 11 に流れ給電部 12 a に戻る。従って、このスロット付き導波管アンテナ部 602 a に生じる電界分布は図 24 (a) のようになり、天井導体 15 a と接地導体 11 の間に生じる電界 101 の向きと、スロット 30 a に生じる電界 101 a の向きとが一致する。すなわち、スロット 30 a は放射される電波の位相を描える作用効果を有する。

【0091】

この電界 101 及び 101 a を磁流に置き換えて説明すると、図 24 (b) に示すように、Y 軸と平行な線状磁流源 102 及び 102 a に置き換えることができる。つまり、電波の放射は、これらの磁流源 102 及び 102 a による放射と見ることができる。従って、このスロット付き導波管アレーアンテナ装置の指向特性は、この 2 つの磁流 102 及び 102 a による同相励振のアレーとして得られる。天井導体 15 a と接地導体 11 の間に生じる電界 101 による指向特性としては、第 1 の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置と同様で、XYZ 座標系の +Z 方向でかつ +X 方向の向きにより強い指向性が得られる。スロット 30 a に生じる電界 101 a による指向特性としても、XYZ 座標系の +Z 方向でかつ +X 方向の向きにより強い指向性が得られる。従って、本実施形態のスロット付き導波管アレーアンテナ装置では、この 2 つの指向特性の同相のアレーとなるので、XYZ 座標系の +Z 方向でかつ +X 方向の向きにさらに強い指向性が得られる。

【0092】

従って、図 21 においてアンテナ素子 13 b に給電すると +Y 方向により強い電波が放射され、アンテナ素子 13 c に給電すると -X 方向により強い電波が放射される。また、アンテナ素子 13 d に給電すると -Y 方向により強い電波が放射される。

【0093】

また、これまで、当該スロット付き導波管アレーアンテナ装置から電波を放射する場合を一例に説明してきたが、電波を受信する場合も同様である。この場合、電波が到来してくる方向により強い指向性を持つアンテナ素子に給電ケーブル（図示せず。）を接続することにより、高い受信電力が得られる。例えば、+X 方向から電波が到来する場合は、図 4 のような切り替えスイッチ 17 によりアンテナ素子 13 a を給電ケーブルに接続すればよい。本実施形態のスロット付き導波管アレーアンテナ装置においても、第 1 の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置と同様に、図 4 に示すような受信電力判定装置 18 により各アンテナ素子 13 a 乃至 13 d で受信される電波の電力の強さを判定して、受信される電波の電力が最大のアンテナ素子を動作させるように切り替えスイッチ 17 を制御することにより、主ビーム方向を電波の到来する方向に選択的に切り替えることが可能な指向性切り替えアンテナ装置を実現できる。これにより、受信時にも、水平面内で 360 度の範囲をカバーできる。

【0094】

図25は、本発明の第2の実施形態の実施例に係るスロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図であって、本発明者らにより実際に試作されたスロット付き導波管アレーアンテナ装置を示している。一例として、図25に示されたように、終端導体14a乃至14d天井導体15a乃至15dの、XY平面に平行な長手方向の長さが120mmであり、終端導体14a乃至14dと側面導体16a1, 16a2乃至16d1, 16d2のZ軸方向の高さが12mmであり、側面導体16a1, 16a2乃至16d1, 16d2のXY平面に平行な方向の長さ天井導体15a乃至15dの幅とが40mmであり、スロット30a乃至30dの長手方向の長さが120mmであって幅が6mmであり、スロット30a乃至30dの幅方向の中心が各方形導波管502a乃至502dの開放端から5mmだけ離れた位置にある（従って、各方形導波管502a乃至502dの開放端側における天井導体15a乃至15dの端部から、スロット30a乃至30dの端部までの幅が2mmである）ときの特性を示す。各給電部12a乃至12dはそれぞれX軸上あるいはY軸上に配置されている。従って、図25のスロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成は、スロット30a乃至30dをさらに備えたことのほかは、図5の導波管アレーアンテナ装置の構成と同様である。

【0095】

図26は、図25のスロット付き導波管アレーアンテナ装置の反射係数 S_{11} の周波数特性を示す特性図である。図26に示したように、本実施例のスロット付き導波管アレーアンテナ装置は2.5GHzで共振し、良好な反射特性を示していることがわかる。当該スロット付き導波管アレーアンテナ装置は対称な形状をしているので、各アンテナ素子13b乃至13dに給電した場合も同様の周波数特性が得られる。

【0096】

図27は、図22のスロット付き導波管アレーアンテナ装置のアンテナ素子13aに2.5GHzの無線信号を給電した場合の放射指向特性を示す特性図であり、図27(a)はXY平面（水平面）の放射指向特性を示す特性図であり、図27(b)はZX平面（垂直面）の放射指向特性を示す特性図である。ここで、スロット付き導波管アレーアンテナ装置の利得を表す半径方向の目盛りは1間隔が10dBiであり、単位は理想的な点波源の放射電力を基準にした相対利得の単位dBiである。図27(b)より、電波の放射は、XYZ座標系の+Z方向でかつ+X方向により強い指向性を示し、当該スロット付き導波管アレーアンテナ装置は、しかも簡単な構造であって、一方向により強い指向性を実現していることがわかる。最大放射方向（すなわち、ビーム方向）では、垂直面においてZ軸から+X方向に向かって40度だけ回転した方向において10.6dBiの高い利得が得られ、水平面においてもX軸上の正の方向に2.6dBiの利得が得られた。

【0097】

本実施形態のスロット付き導波管アレーアンテナ装置においても、第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置と同様に、各アンテナ素子13a乃至13dに接続された、給電するアンテナ素子を切り替えるためのスイッチを用いて、所望方向により強い指向性を有するアンテナ素子を選択的に選択して動作させることによって、電波の放射される方向を選択的に切り替えることが可能な指向性切り替えアンテナ装置を実現できる。これにより、水平面内で360度の範囲をカバーできる。

【0098】

以上のように構成された本実施形態のスロット付き導波管アレーアンテナ装置により、無線信号を送信したい方向に電波の電力を集中して放射することが可能なアンテナ装置を実現できる。さらに当該スロット付き導波管アレーアンテナ装置によれば、2.5GHzの動作周波数のときにZ軸方向の高さが0.1波長となるアンテナ装置を実現しており、これは非常に薄い厚さを有するアンテナ装置である。

【0099】

以上説明した実施形態や実施例においては、スロット付き導波管アレーアンテナ装置がZX面及びZY面に対して対称な構造である場合を示した。この場合、当該スロット付き導波管アレーアンテナ装置からの放射電波の指向特性がZX面及びZY面に対して対称に

なるといふ効果がある。

【0100】

本実施形態のスロット付き導波管アレーアンテナ装置は、第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置に比べて広帯域なインピーダンス特性が得られるという効果がある。これは、本実施形態のスロット付き導波管アレーアンテナ装置には、第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置の構造に特有の共振周波数に加えて、スロット30a乃至30dに起因する共振周波数が存在するためである。この2つの共振周波数に若干の周波数差を与えることにより広帯域な特性が得られる。

【0101】

また、本実施形態のスロット付き導波管アレーアンテナ装置は、第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置と同じサイズであるにもかかわらず、第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置に比べて最大放射方向において1.1dBの利得を有し、水平面内の最大放射方向でも1.6dBの利得を有する、高利得な特性が得られた。これは、上述したように、各方形導波管502a乃至502dの開放端からの放射とスロット30a乃至30dからの放射の重ね合わせによるものである。

【0102】

以上説明したように、本実施形態のスロット付き導波管アレーアンテナ装置によれば、小形で薄型形状を有するとともに、しかも簡単な構造であって、従来技術に比較してより強い指向性を有して、その主ビーム方向を選択的に切り替えることが可能なアンテナ装置を実現できる。

【0103】

なお、以上で説明された本実施形態においては、スロット付き導波管アレーアンテナ装置は、ZX面及びZY面に対して対称で、ZX面での断面形状とZY面での断面形状が同じであるアンテナ装置として例示されて説明されたが、本発明の実施形態は必ずしもこの構成のアンテナ装置に限定されるものではない。例えば、放射対象空間が±X方向に長い場合、Y方向に長いアンテナ装置にすることも可能である。この構造により、±X方向に指向性が強くなり、±X方向に長い放射対象空間に適したアンテナとなる。このように、アンテナ装置のX方向とY方向の長さを変えることにより、放射対象空間に最適な放射指向特性を持つアンテナ装置を実現できる。

【0104】

なお、本実施形態においては、スロット付き導波管アレーアンテナ装置は、ZX面及びZY面に対して対称な構造であるアンテナ装置として例示されて説明されたが、本発明の実施形態は必ずしもこの構成のアンテナ装置に限定されるものではない。例えば、所望の放射指向特性あるいは入力インピーダンス特性を得るために、ZX面のみに対して対称な構造あるいはZY面のみに対して対称な構造も可能である。このような構造により放射対象空間に最適な放射指向特性を持つアンテナ装置を実現できる。

【0105】

なお、本実施形態においては、アンテナ素子13a乃至13dが導体線で構成されたアンテナ装置を例に挙げて説明したが、本発明の実施形態は必ずしもこの構成のアンテナ装置に限定されるものではない。例えば、アンテナ素子13a乃至13dが板状の導体で構成される場合も可能である。これにより、所望の入力インピーダンス特性が得られ、反射損失の少ない高効率なアンテナ装置を実現できるという効果がある。

【0106】

なお、所望の入力インピーダンス特性を得る方法として、第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置の場合と同様に整合導体を備えることも可能である。例えば、図21のスロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成に加えて、図12に示すような整合導体19aを備えてもよい。図12においては、整合導体19aが線状の導体であり、接地導体11と接続された例を示している。これにより、アンテナ素子13a近傍の電界を変化させ、アンテナ素子13aに流れる電流を変化させることにより、アンテナ素子13aのインピーダンスを変化させることができる。これにより、所望の入力インピーダンス特性

が得られ、反射損失の少ない高効率なアンテナ装置を実現できるという効果がある。なお、所望のインピーダンス特性を得るために、図 21 のスロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成に加えて、図 13 に示すような整合導体 19 a が接地導体 11 及び天井導体 15 a と接続された構成、図 14 に示すように整合導体 19 a が接地導体 11 及びアンテナ素子 13 a と接続された構成も可能である。これにより、アンテナ素子 13 a に流れる電流を直接的に変化させることができるために、スロット付き導波管アレーアンテナ装置のインピーダンス特性を大幅に変えることができるという効果がある。なお、アンテナ素子 13 a のインピーダンス調整法を一例に挙げて説明したが他のアンテナ素子 13 b 乃至 13 d についても同様の効果が得られる。

【0107】

本実施形態のスロット付き導波管アレーアンテナ装置の放射特性を変化させる方法として、第 1 の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置と同様に、図 15 に示すような指向特性制御導体 20 a を備えることも可能である。図 15 においては、指向特性制御導体 20 a が、X 軸上の正の位置において接地導体 11 と接続されて設けられた例を示している。放射される電波は、指向特性制御導体 20 a が導波器として動作する結果、指向特性制御導体 20 a を設けないときに比較して、+X 方向に指向性がより鋭くなる効果が得られる。なお、図 15 では指向特性制御導体 20 a を直線状の導体で構成したが、これを他の形状の導体で構成することも可能である。例えば、指向特性制御導体 20 a が螺旋状の導体線で構成されたヘリカル型整合導体で構成されている場合も可能であり、L 字型に折れ曲がった導体線で構成されている場合も可能である。これにより、指向特性制御導体 20 a を設けたことによる効果を損なうことなくアンテナ装置の薄型化が可能になる。なお、アンテナ素子 13 a の指向特性を調整するための指向特性制御導体 20 a を一例に挙げて説明したが、他のアンテナ素子 13 b 乃至 13 d に対して指向特性制御導体を設けても同様の効果が得られる。

【0108】

さらに、スロット付き導波管アレーアンテナ装置には、図 16 に示すように、Z 軸に平行な線状導体 91 と Y 軸に平行な線状導体 92 により構成される指向特性制御導体 20 a-1 が設けられてもよい。このとき、最も望ましいのは、Z 軸に平行な線状導体 91 が Y 軸に平行な線状導体 92 の中央で接続され、Z 軸に平行な線状導体 91 の長さ Y 軸に平行な線状導体 92 の半分の長さとの和が約 $1/4$ 波長となる場合である。この長さにするにより、第 1 の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置と同様に、指向特性制御導体 20 a-1 において共振が起こり、指向特性を制御することに関して、より大きな効果を得る。図 15 のような指向特性制御導体 20 a を設ける場合は主に、アンテナ装置の垂直面 (ZX 面) の指向特性を改善する技術であるが、図 16 のような指向特性制御導体 20 a-1 を備えた構成にすることにより、アンテナ装置の XY 面での指向特性も変化できる。なお、アンテナ素子 13 a の指向特性を調整するための指向特性制御導体 20 a-1 を一例に挙げて説明したが、他のアンテナ素子 13 b 乃至 13 d に対して指向特性制御導体を設けても同様の効果が得られる。

【0109】

なお、以上までは、アンテナ素子 13 a 乃至 13 d のそれぞれに対して指向特性制御導体が 1 個だけ存在する場合について説明したが、2 個以上の場合も可能である。これにより、スロット付き導波管アレーアンテナ装置の構造の自由度が増え放射指向特性をさらに大きく制御することが可能になる。なお、指向特性制御導体 20 a 又は 20 a-1 を、図 12 乃至 14 に示された整合導体 19 a, 19 a-1, 19 a-2 とともに備えてもよい。

【0110】

なお、本実施形態においては、接地導体 11 が多角形 (すなわち正方形) で構成された構造のスロット付き導波管アレーアンテナ装置を例に挙げて説明したが、本発明の実施形態は必ずしもこの構成のアンテナ装置に限定されるものではない。例えば、所望の放射指向特性あるいは入力インピーダンス特性を得るために、接地導体 11 は長方形あるいはそ

の他の多角形、あるいは半円の組み合わせあるいはその他の形状であることも可能である。また、スロット付き導波管アレーアンテナ装置を天井等に設置する場合、アンテナ装置が目立たないように、アンテナ装置の形状と、天井面の升目あるいは部屋の形状とを揃えてほしいという要望がある。しかしながら、スロット付き導波管アレーアンテナ装置の形状が長方形やその他の多角形の場合、天井面の升目あるいは部屋の形状は固定のため、スロット付き導波管アレーアンテナ装置を設置する方向には制限が生じてしまう。そこで、図19に示された第1の実施形態の第6の変形例のように、接地導体11が接する底面が概略円形（又は楕円などその他の形状でもよい。）であるレドーム21を用いることによりアンテナ特性を劣化させる湿気や埃等の進入を防ぎアンテナ装置の特性を安定化させる事とともに、スロット付き導波管アレーアンテナ装置を天井に設置する際に、天井面の升目あるいは部屋の形状に気を使うことなくスロット付き導波管アレーアンテナ装置を設置することが可能であるという利点がある。さらに、スロット付き導波管アレーアンテナ装置の底面が円形状の場合、スロット付き導波管アレーアンテナ装置を回転させ取り付け方向を変化させることが可能である。これにより、電波の放射方向を調整することが可能になり、スロット付き導波管アレーアンテナ装置の設置位置に最適な放射特性を獲得することができる。

【0111】

なお、本実施形態においては、図4のような切り替えスイッチを用いて選択的に切り替えることにより、所定の方角から到来する無線信号に対する受信電力がより強いアンテナ素子に給電ケーブル（図示せず。）を接続する構成を例に挙げて説明したが、本発明の実施形態はこれに限られるものではない。例えば、図20に示すような合成回路を備えて、上述のごとく、各アンテナ素子13a乃至13dで受信される4つの無線信号を制御して合成してもよい。

【0112】

また、複数個の本実施形態のスロット付き導波管アレーアンテナ装置をアレー状に配置し、フェーズドアレーアンテナ及びアダプティブアンテナアレーを構成することも可能である。これにより、さらなる放射電波の指向特性の制御が可能になる。

【0113】

なお、本実施形態においては、1つの天井導体15a乃至15dにつきスロット30a乃至30dが1つだけ存在する場合を例に挙げて説明したが、本発明の実施形態は必ずしもこの構成のスロット付き導波管アレーアンテナ装置に限定されるものではなく、天井導体15a乃至15dのうちの1つに2つ以上のスロットを備えることも可能である。これにより、各スロットで送受信される電波の位相が揃い、より強い指向性を実現することができる。また、各天井導体15a乃至15dに対して、異なる個数のスロットを設けてもよい。

【0114】

<第3の実施形態>

以下、本発明の第3の実施形態について、図28を参照しながら説明する。

【0115】

図28は、本発明の第3の実施形態に係る筐体一体型導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。この筐体一体型導波管アレーアンテナ装置は、図1の導波管アレーアンテナ装置と比較すると、図1の側面導体16d2及び16a1と、16a2及び16b1と、16b2及び16c1と、16c2及び16d1とが、本実施形態ではそれぞれ単一の仕切壁導体31a乃至31dとして一体化され、それによって4つの方形導波管503a, 503b, 503c, 503dを含むアンテナ装置の筐体部の構造が簡単化されていることを特徴とする。

【0116】

図28において、筐体一体型導波管アレーアンテナ装置は、XY平面上に位置した正方形形状の接地導体11上に設けられ、方形導波管503a, 503b, 503c, 503dとアンテナ素子13a乃至13dにてそれぞれ構成される複数の導波管アンテナ部60

3 a, 603 b, 603 c, 603 dを備える。ここで、各方形導波管503 a乃至503 dは、接地導体11と、この接地導体11に対向する天井導体15 a乃至15 dと、接地導体11と天井導体15 a乃至15 dとを連結する仕切壁導体31 a乃至31 dとから構成され、互いに隣接する2つの方形導波管(503 a, 503 b), (503 b, 503 c), (503 c, 503 d), (503 d, 503 a)の間で仕切壁導体を共有するように隣接して並置される(例えば、天井導体15 aを含む方形導波管503 aと、天井導体15 dを含む方形導波管503 dとの間で、仕切壁導体31 aを共有している)。

【0117】

各方形導波管503 a乃至503 dは、終端導体14 a乃至14 dにより短絡された端部と開放された端部とをそれぞれ有し、終端導体14 a乃至14 dにより短絡された端部は、正方形の接地導体11の辺上に位置するように設けられ、開放された端部は、正方形の接地導体11の対角線上の、より小さい正方形(図示せず。)の辺上に位置するように設けられ、各方形導波管503 a乃至503 dは接地導体11上の小さい正方形の辺から外側に向かって延在する。また、アンテナ素子13 a乃至13 dは、一端が天井導体15 a乃至15 dであって各方形導波管503 a乃至503 dの開放された端部の近傍に電氣的に接続されかつ他端が接地導体11上に位置する給電部12 a乃至12 dに電氣的に接続されている。各導波管アンテナ部603 a乃至603 dは、当該導波管アンテナ部603 a乃至603 dを構成する各方形導波管503 a乃至503 dの開放された端部において所定の放射指向特性で無線信号を送受信する。各方形導波管503 a乃至503 dは接地導体11上に異なる向きで設けられているので、これら4つの導波管アンテナ部603 a乃至603 dの放射指向特性の主ビームはそれぞれ異なる方向を向き、ゆえに、無線信号を送受信するアンテナ素子を選択的に切り替えることによって筐体一体型導波管アレーアンテナ装置の指向特性を変化させることが可能になる。

【0118】

図28において、正方形形状の接地導体11の四辺上に、接地導体11と同じ長さの辺と所定長さ(すなわち高さ)の垂直方向の辺とを有する矩形形状の終端導体14 a乃至14 dがXY平面に垂直にそれぞれ設けられ、接地導体11の対角線上に、終端導体14 a乃至14 dの高さと同じ長さの辺と所定長さの辺とを有する矩形形状の仕切壁導体31 a乃至31 dが、XY平面に垂直に、かつ頂点を接地導体11の頂点に合わせて設けられ、さらに、終端導体14 a乃至14 d及び仕切壁導体31 a乃至31 d上に、接地導体11に対向して台形形状の天井導体15 a乃至15 dが設けられる。従って、仕切壁導体31 aは、その上端において台形形状の天井導体15 a及び15 dの斜辺と接続され、その下端において接地導体11と接続され、横の一端において終端導体14 a及び14 dと接続されている。

【0119】

ここで、天井導体15 aは終端導体14 aと仕切壁導体31 a及び31 bの上に設けられ、詳しくは、底面の接地導体11と、当該導波管アレーアンテナ装置の上面にこの接地導体11に対向して配置された台形形状の天井導体15 aと、天井導体15 aの台形の2つの斜辺において上記接地導体11及び上記天井導体15 aをそれぞれ連結する仕切壁導体31 a及び31 bとにより矩形断面が小さくなるテーパ形状の方形導波管503 aが形成され、この方形導波管503 aの、より広い断面を有する側の端部は、矩形形状の終端導体14 aによって終端密閉されて短絡される一方、上記方形導波管503 aの、より狭い断面を有する側の端部は開放状態となっている(以下、こちらの端部を開放端という)。ここで、これら接地導体11と仕切壁導体31 a及び31 bと天井導体15 aと終端導体14 aとは、互いに機械的かつ電氣的に接続されるように連結されて、X軸方向に平行な方向に無線信号を伝搬しかつX方向の端部が閉じられた方形導波管503 aを構成している。

【0120】

次いで、天井導体15 aの下面の、+X方向の端部近傍でありかつY方向の中心における接続点10 aに、導体線からなるアンテナ素子13 aの一端が半田付けにより機械的及

び電氣的に接続される一方、アンテナ素子 13 a は接続点 10 a から下方に向かって垂直に延在し、さらに、アンテナ素子 13 a の他端は、接地導体 11 上の X 軸上に形成された円形孔において、接地導体 11 とは電氣的に絶縁された給電点 12 a に接続され、当該給電点 12 a はさらに、例えば同軸ケーブルの中心導体に電氣的に接続され、また、同軸ケーブルの接地導体は接地導体 11 に電氣的に接続される。これにより、無線送受信装置（図示せず。）から無線信号が同軸ケーブルを介して給電点 12 a に給電される。以上で説明された方形導波管 503 a とアンテナ素子 13 a とにより、図 2 に示された第 1 の実施形態と同様に動作する導波管アンテナ部 603 a が構成される。

【0121】

また、天井導体 15 b は終端導体 14 b と仕切壁導体 31 b 及び 31 c の上に設けられ、天井導体 15 c は終端導体 14 c と仕切壁導体 31 c 及び 31 d の上に設けられ、天井導体 15 d は終端導体 14 d と仕切壁導体 31 d 及び 31 a の上に設けられ、アンテナ素子 13 b、13 c 及び 13 d を含む導波管アンテナ部 603 b 乃至 603 d も、同様に構成される。

【0122】

本実施形態では、第 1 の実施形態における側面導体 16 a 1、16 a 2 乃至 16 d 1、16 d 2 に相当する構成要素が仕切壁導体 31 a 乃至 31 d として一体化されているので、第 1 の実施形態よりも構造が簡単化されたアンテナ装置を提供することができる。アンテナ装置の構造をさらに簡単化するために、天井導体 15 a 乃至 15 d は、一体化された単一の導体板にて構成されてもよい。

【0123】

ここで、天井導体 15 a 乃至 15 d と終端導体 14 a 乃至 14 d と接地導体 11 にてなる筐体部で囲まれた空間をアンテナ内部と呼び、天井導体 15 a 乃至 15 d あるいは終端導体 14 a 乃至 14 d あるいは接地導体 11 に対してアンテナ内部と反対側の空間をアンテナ外部という。

【0124】

本実施形態では、一例として、接地導体 11 と終端導体 14 a 乃至 14 d と天井導体 15 a 乃至 15 d が電氣的に接続され、各給電部 12 a 乃至 12 d が X 軸あるいは Y 軸上に配置され、アンテナ素子 12 a 乃至 12 d が X Y 面に垂直な導体線で構成されている場合を示している。

【0125】

本実施形態の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置の動作は第 1 の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置と同様である。すなわち、本実施形態に係る構成の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置においてアンテナ素子 13 a に給電すると、+Z 方向でかつ +X 方向の方向により強い指向性が得られる。従って、図 28 においてアンテナ素子 13 b に給電すると +Y 方向により強い電波が放射され、アンテナ素子 13 c に給電すると -X 方向により強い電波が放射される。また、アンテナ素子 13 d に給電すると -Y 方向により強い電波が放射される。

【0126】

本実施形態のスロット付き導波管アレーアンテナ装置においても、第 1 の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置と同様に、各アンテナ素子 13 a 乃至 13 d に接続された、給電するアンテナ素子を選択的に切り替えるためのスイッチを用いて、所望方向により強い指向性を有するアンテナ素子を選択して動作させることによって、電波の放射される方向を選択的に切り替えることが可能な指向性切り替えアンテナ装置を実現できる。これにより、水平面内で 360 度の範囲をカバーできる。

【0127】

また、筐体一体型導波管アレーアンテナ装置から電波を放射する場合を一例に説明をしてきたが、電波を受信する場合も同様である。この場合、電波が到来してくる方向により強い指向性を持つアンテナ素子を給電ケーブル（図示せず。）に接続することにより、高い受信電力が得られる。例えば、+X 方向から電波が到来する場合は、図 4 のような切り

替えスイッチ 17 によりアンテナ素子 13 a を給電ケーブルに接続すればよい。すなわち、本実施形態の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置においても、第 1 の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置と同様に、図 4 に示すような受信電力判定装置 18 により各アンテナ素子 13 a 乃至 13 d で受信される電波の電力の強さを判定して、受信される電波の電力が強いアンテナ素子を動作させるように切り替えスイッチ 17 を制御することにより、指向性切り替えアンテナ装置を実現できる。これにより、受信時にも、水平面内で 360 度の範囲をカバーできる。

【0128】

図 29 は、本発明の第 3 の実施形態の実施例に係る筐体一体型導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図であって、本発明者らにより実際に試作された筐体一体型導波管アレーアンテナ装置を示している。一例として、接地導体 11 の X 方向の長さが 120 mm であり Y 方向の幅が 120 mm であって、終端導体 14 a 乃至 14 d の、XY 平面に平行な方向の長さが 120 mm であり、終端導体 14 a 乃至 14 d と仕切壁導体 31 a 乃至 31 d の Z 方向の高さが 12 mm であり、台形形状の天井導体 15 a 乃至 15 d の上底から下底までの距離が 20 mm であるとする。アンテナ素子 13 a 乃至 13 d の上端の各接続点 10 a 乃至 10 d は、各アンテナ素子 13 a 乃至 13 d を含む各方形導波管 503 a 乃至 503 d の開放端から 2 mm の位置に設けられ、各アンテナ素子 13 a 乃至 13 d は接続点 10 a 乃至 10 d から下方に延在して、X 軸上あるいは Y 軸上にそれぞれ配置された各給電部 12 a 乃至 12 d に接続される。筐体一体型導波管アレーアンテナ装置が以上のように構成されたときの特性を図 30 に示す。

【0129】

図 30 は、図 29 の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置のアンテナ素子 13 a に 2.6 GHz の無線信号を給電したときの放射指向特性を示す特性図であり、図 30 (a) は XY 平面（水平面）の放射指向特性を示す特性図であり、図 30 (b) は ZX 平面（垂直面）の放射指向特性を示す特性図である。放射指向特性の目盛りは 1 間隔が 10 dBi であり、単位は理想的な点波源の放射電力を基準にした dBi である。図 30 (b) より、電波の放射は +Z 方向でかつ +X 方向により強い指向性を示し、本実施形態の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置は、しかも簡単な構造であって、一方向へ強い指向性を実現していることがわかる。水平面において X 軸上の負の方向に 1.0 dBi の利得が得られた。

【0130】

以上のように構成された、本実施形態の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置により、無線信号を送信したい方向に電波の電力を集中して放射することが可能なアンテナ装置を実現できる。さらに本実施形態の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置は、2.6 GHz の動作周波数のときに Z 軸方向の高さが 0.1 波長であるアンテナ装置を実現しており、これは非常に薄型なアンテナである。また、図 31 の実施例に示されたように、本実施形態の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置によれば、第 1 の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置に比較して、さらに小型のアンテナ装置を実現することができる。

【0131】

以上で示した実施形態や実施例においては、当該筐体一体型導波管アレーアンテナ装置が ZX 面及び ZY 面に対して対称な構造である場合を示した。この場合、筐体一体型導波管アレーアンテナ装置からの放射電波の指向特性が ZX 面及び ZY 面に対して対称になるという効果がある。

【0132】

以上説明したように、本実施形態の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置によれば、小形で薄型形状を有するとともに、しかも簡単な構造であって、従来技術に比較してより強い指向性を有し、その主ビーム方向を選択的に切り替えることが可能なアンテナ装置を実現できる。

【0133】

なお、本実施形態においては、筐体一体型導波管アレーアンテナ装置は、ZX 面及び ZY 面に対して対称で、ZX 面での断面形状と ZY 面での断面形状が同じであるアンテナ装

置として例示されて説明されたが、本発明の実施形態は必ずしもこの構成のアンテナ装置に限定されるものではない。例えば、放射対象空間が±X方向に長い場合、Y方向に長いアンテナ装置にすることも可能である。動作原理は第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置と同様であり、この構造により、±X方向に指向性が強くなり、±X方向に長い放射対象空間に適したアンテナ装置となる。このように、筐体一体型導波管アレーアンテナ装置のX方向とY方向の長さを変えることにより、放射対象空間に最適な放射指向特性を持つアンテナ装置を実現できる。

【0134】

なお、本実施形態においては、筐体一体型導波管アレーアンテナ装置は、ZX面及びZY面に対して対称な構造であるアンテナ装置として例示されて説明されたが、本発明の実施形態は必ずしもこの構成のアンテナ装置に限定されるものではない。例えば、所望の放射指向特性あるいは入力インピーダンス特性を得るために、ZX面のみに対して対称な構造あるいはZY面のみに対して対称な構造も可能である。このような構造により放射対象空間に最適な放射指向特性を持つアンテナ装置を実現できる。

【0135】

なお、本実施形態においては、アンテナ素子13a乃至13dが導体線で構成された筐体一体型導波管アレーアンテナ装置を例に挙げて説明したが、本発明の実施形態は必ずしもこの構成のアンテナ装置に限定されるものではない。例えば、アンテナ素子13a乃至13dが板状の導体で構成される場合も可能である。これにより、所望の入力インピーダンス特性が得られ、反射損失の少ない高効率なアンテナ装置を実現できるという効果がある。

【0136】

なお、所望の入力インピーダンス特性を得る方法として、第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置の場合と同様に整合導体を備えることも可能である。例えば、図28の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置の構成に加えて、図12に示すような整合導体19aを備えてもよい。図12においては、整合導体19aが線状の導体であり、接地導体11と接続された例を示している。これにより、アンテナ素子13a近傍の電界を変化させ、アンテナ素子13aに流れる電流を変化させることにより、アンテナ素子13aのインピーダンスを変化させることができる。これにより、所望の入力インピーダンス特性が得られ、反射損失の少ない高効率なアンテナ装置を実現できるという効果がある。なお、所望のインピーダンス特性を得るために、図21のスロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成に加えて、図13に示すような整合導体19aが接地導体11及び天井導体15aと接続された構成、図14に示すように整合導体19aが接地導体11及びアンテナ素子13aと接続された構成も可能である。これにより、アンテナ素子13aに流れる電流を直接的に変化させることができるために、筐体一体型導波管アレーアンテナ装置のインピーダンス特性を大幅に変えることができるという効果がある。なお、アンテナ素子13aのインピーダンス調整法を一例に挙げて説明したが他のアンテナ素子13b乃至13dについても同様の効果が得られる。

【0137】

本実施形態の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置の放射特性を変化させる方法として、第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置と同様に、図15に示すような指向特性制御導体20aを備えることも可能である。図15においては、指向特性制御導体20aが、X軸上の正の位置において接地導体11と接続されて設けられた例を示している。放射される電波は、指向特性制御導体20aが導波器として動作する結果、指向特性制御導体20aを設けないときに比較して、+X方向に指向性がより鋭くなる効果が得られる。なお、図15では指向特性制御導体20aを直線状の導体で構成したが、これを他の形状の導体で構成することも可能である。例えば、指向特性制御導体20aが螺旋状の導体線で構成されたヘリカル型整合導体で構成されている場合も可能であり、L字型に折れ曲がった導体線で構成されている場合も可能である。これにより、指向特性制御導体20aを設けたことによる効果を損なうことなくアンテナ装置の薄型化が可能になる。なお、ア

ンテナ素子 13a の指向特性を調整するための指向特性制御導体 20a を一例に挙げて説明したが、他のアンテナ素子 13b 乃至 13d に対して指向特性制御導体を設けても同様の効果が得られる。

【0138】

さらに、筐体一体型導波管アレーアンテナ装置には、図 16 に示すように、Z 軸に平行な線状導体 91 と Y 軸に平行な線状導体 92 により構成される指向特性制御導体 20a-1 が設けられてもよい。このとき、最も望ましいのは、Z 軸に平行な線状導体 91 が Y 軸に平行な線状導体 92 の中央で接続され、Z 軸に平行な線状導体 91 の長さ Y 軸に平行な線状導体 92 の半分の長さとの和が約 $1/4$ 波長となる場合である。この長さにより、第 1 の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置と同様に、指向特性制御導体 20a-1 において共振が起こり、指向特性を制御することに関して、より大きな効果を得る。図 15 のような指向特性制御導体 20a を設ける場合は主に、アンテナ装置の垂直面 (ZX 面) の指向特性を改善する技術であるが、図 16 のような指向特性制御導体 20a-1 を備えた構成にすることにより、アンテナ装置の XY 面での指向特性も変化できる。なお、アンテナ素子 13a の指向特性を調整するための指向特性制御導体 20a-1 を一例に挙げて説明したが、他のアンテナ素子 13b 乃至 13d に対して指向特性制御導体を設けても同様の効果が得られる。

【0139】

なお、以上までは、アンテナ素子 13a 乃至 13d のそれぞれに対して指向特性制御導体が 1 個だけ存在する場合について説明したが、2 個以上の場合も可能である。これにより、筐体一体型導波管アレーアンテナ装置の構造の自由度が増え放射指向特性をさらに大きく制御することが可能になる。なお、指向特性制御導体 20a 又は 20a-1 を、図 12 乃至 14 に示された整合導体 19a, 19a-1, 19a-2 とともに備えてもよい。

【0140】

なお、本実施形態においては、接地導体 11 が多角形 (すなわち正方形) で構成された構造の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置を例に挙げて説明したが、本発明の実施形態は必ずしもこの構成のアンテナ装置に限定されるものではない。例えば、所望の放射指向特性あるいは入力インピーダンス特性を得るために、接地導体 11 は長方形あるいはその他の多角形、あるいは半円の組み合わせあるいはその他の形状であることも可能である。また、筐体一体型導波管アレーアンテナ装置を天井等に設置する場合、アンテナ装置が目立たないように、アンテナ装置の形状と、天井面の升目あるいは部屋の形状とを揃えてほしいという要望がある。しかしながら、筐体一体型導波管アレーアンテナ装置の形状が長方形やその他の多角形の場合、天井面の升目あるいは部屋の形状は固定のため、筐体一体型導波管アレーアンテナ装置を設置する方向には制限が生じてしまう。そこで、図 19 に示された第 1 の実施形態の第 6 の変形例のように、接地導体 11 が接する底面が概略円形 (又は楕円などその他の形状でもよい。) であるレドーム 21 を用いることによりアンテナ特性を劣化させる湿気や埃等の進入を防ぎアンテナ装置の特性を安定化させる事とともに、筐体一体型導波管アレーアンテナ装置を天井に設置する際に、天井面の升目あるいは部屋の形状に気を使うことなく筐体一体型導波管アレーアンテナ装置を設置することが可能であるという利点がある。さらに、筐体一体型導波管アレーアンテナ装置の底面が円形状の場合、筐体一体型導波管アレーアンテナ装置を回転させ取り付け方向を変化させることが可能である。これにより、電波の放射方向を調整することが可能になり、筐体一体型導波管アレーアンテナ装置の設置位置に最適な放射特性を獲得することができる。

【0141】

なお、本実施形態においては、図 4 のような切り替えスイッチを用いて選択的に切り替えることにより、所定の方角から到来する無線信号に対する受信電力がより強いアンテナ素子に給電ケーブル (図示せず。) を接続する構成を例に挙げて説明したが、本発明の実施形態はこれに限られるものではない。例えば、図 20 に示すような合成回路を備え、筐体一体型導波管アレーアンテナ装置のアンテナ素子 13a 乃至 13d にそれぞれ振幅調整回路 22a 乃至 22d を接続し、振幅調整回路 22a 乃至 22d にそれぞれ移相器 23

a乃至23dを接続し、アンテナ素子13a乃至13dで受信された電波の振幅と位相を変化させて合成器24において電力を合成する構成としても良い。さらに、アンテナコントローラ25を備えることも可能である。アンテナコントローラ25は合成回路からの出力信号の電力が最大となるように振幅調整回路22a乃至22dによる振幅調整量と移相器23a乃至23dによる位相調整量を算出し、これを基に振幅調整回路22a乃至22dと上記移相器23a乃至23dを制御する。このように構成することにより、さらに受信電力の増大を実現できる。

【0142】

また、複数個の本実施形態の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置をアレー状に配置し、フェーズドアレーアンテナ及びアダプティブアンテナアレーを構成することも可能である。これにより、さらなる放射電波の指向特性の制御が可能になる。

【0143】

<第4の実施形態>

以下、本発明の第4の実施形態について、図31を参照しながら説明する。

【0144】

図31は、本発明の第4の実施形態に係る筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。図31において、当該筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置は、図28の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置に比較すると、当該筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置に含まれる4つの方形導波管504a、504b、504c、504dを構成する各天井導体15a乃至15dにおいて、各方形導波管504a乃至504d内の無線信号の伝搬方向に垂直な長手方向（すなわち、各方形導波管504a乃至504dの幅方向と同じ方向）を有し、管内波長の1/4波長に対して十分に小さい幅を有する1つのスロット30a乃至30dがそれぞれ設けられている点が異なっている。ここで、スロット30a乃至30dは、各天井導体15a乃至15dにおいて、アンテナ素子13a乃至13dの接続部10a乃至10dと、終端導体14a乃至14dとの間に設けられている。ここで、アンテナ素子13aを有する方形導波管504aにより導波管アンテナ部604aを構成し、アンテナ素子13bを有する方形導波管504bにより導波管アンテナ部604bを構成し、アンテナ素子13cを有する方形導波管504cにより導波管アンテナ部604cを構成し、アンテナ素子13dを有する方形導波管504dにより導波管アンテナ部604dを構成している。

【0145】

一例として、接地導体11がXY平面上にあり、接地導体11と終端導体14a乃至14dと仕切壁導体31a乃至31dと天井導体15a乃至15dとが電氣的に接続され、各給電部12a乃至12dがX軸上あるいはY軸上に配置され、アンテナ素子13a乃至13dがXY面に垂直な導体線で構成され、スロット30a乃至30dが各天井導体15a乃至15d上に1つずつ存在する場合を示している。

【0146】

本実施形態の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の動作は、第2の実施形態のスロット付き導波管アレーアンテナ装置と同様である。すなわち、本実施形態に係る構成を備えた筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置においてアンテナ素子13aに給電すると、天井導体15aと接地導体11の間に生じる電界と、スロット30aに生じる電界により電波は放射され、+Z方向でかつ+X方向の方向により強い指向性を得られる。同様に、図31においてアンテナ素子13bに給電すると+Y方向により強い電波が放射され、アンテナ素子13cに給電すると-X方向により強い電波が放射される。また、アンテナ素子13dに給電すると-Y方向により強い電波が放射される。

【0147】

本実施形態の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置においても、第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置と同様に、各アンテナ素子13a乃至13dに接続された、給電するアンテナ素子を選択的に切り替えるためのスイッチを用いて、所望方向により強い指向性を有するアンテナ素子を選択して動作させることによって、電波の放

射される方向を選択的に切り替えることが可能な指向性切り替えアンテナ装置を実現できる。これにより、水平面内で360度の範囲をカバーできる。

【0148】

また、これまで、当該筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置から電波を放射する場合を一例に説明をしてきたが、電波を受信する場合も同様である。この場合、電波が到来してくる方向により強い指向性を持つアンテナ素子に給電ケーブル（図示せず。）を接続することにより、高い受信電力が得られる。例えば、+X方向から電波が到来する場合は、図4のような切り替えスイッチ17によりアンテナ素子13aを給電ケーブルに接続すればよい。本実施形態の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置においても、第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置と同様に、図4に示すような受信電力判定装置18により各アンテナ素子13a乃至13dで受信される電波の電力の強さを判定して、受信される電波の電力が強いアンテナ素子を動作させるように切り替えスイッチ17を制御することにより、指向性切り替えアンテナ装置を実現できる。これにより、受信時にも、水平面内で360度の範囲をカバーできる。

【0149】

図32は、本発明の第4の実施形態の第1の実施例に係る筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図であって、本発明者らにより実際に試作された筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置を示している。接地導体11と終端導体14a乃至14dと仕切壁導体31a乃至31dと天井導体15a乃至15dにてなる筐体部の寸法及びアンテナ素子13a乃至13dの位置は、図31の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置の実施例と同じである。本実施例では、天井導体15a乃至15d上にそれぞれスロット30a乃至30dがさらに設けられ、スロット30a乃至30dは2mmの幅を有して各方形導波管504a乃至504b内の無線信号の伝搬方向に垂直な方向に延在し、スロット30a乃至30dの幅方向の中心は、各方形導波管504a乃至504dの開放端から5mmだけ離れた位置にある。筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置がこのように構成されたときの特性を以下に示す。

【0150】

図33は、図32の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置のアンテナ素子13aにおける反射係数 S_{11} の周波数特性を示す特性図である。図33に示したように、本実施例の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置は2.3GHzで共振していることがわかる。本実施例の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置は対称な形状をしているので、各アンテナ素子13b乃至13dに給電した場合も同じ特性が得られる。

【0151】

図34は、図32の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置のアンテナ素子13aに2.3GHzの無線信号を給電した場合の放射指向特性を示す特性図であり、図34(a)はXY平面（水平面）の放射指向特性を示す特性図であり、図34(b)はZ平面（垂直面）の放射指向特性を示す特性図である。放射指向特性の目盛りは1間隔が10dBであり、単位は理想的な点波源の放射電力を基準にしたdBiである。図34(b)より、電波の放射は+Z方向でかつ+X方向により強い指向性を示し、しかも簡単な構造であって、一方向へ強い指向性を実現していることがわかる。最大放射方向は垂直面においてZ軸から-X方向に45度だけ回転した方向に、8.7dBiの高い利得が得られ、水平面においてもX軸上の負の方向に3.4dBiの利得が得られた。

【0152】

以上説明した本実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置により、無線信号を送信したい方向に電波の電力を集中して放射することが可能なアンテナ装置を実現できる。さらに本実施形態の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置は、2.3GHzの動作周波数においてZ軸方向の高さが0.1波長となるアンテナ装置を実現しており、これは非常に薄い厚さを有するアンテナ装置である。

【0153】

以上で説明した実施形態や実施例においては、筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置がZ X面及びZ Y面に対して対称な構造である場合を示した。この場合、当該筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置からの放射電波の指向特性がZ X面及びZ Y面に対して対称になるという効果がある。

【0154】

以上説明したように、本実施形態の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置によれば、小形で薄型形状を有するとともに、しかも簡単な構造であって、従来技術に比較してより強い指向性を有して、その主ビーム方向を選択的に切り替えることが可能なアンテナ装置を実現できる。

【0155】

なお、以上で説明された本実施形態においては、筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置は、Z X面及びZ Y面に対して対称で、Z X面での断面形状とZ Y面での断面形状が同じであるアンテナ装置として例示されて説明されたが、本発明の実施形態は必ずしもこの構成のアンテナ装置に限定されるものではない。例えば、放射対象空間が±X方向に長い場合、Y方向に長いアンテナ装置にすることも可能である。その動作原理は第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置と同様であり、この構造により、±X方向に指向性が強くなり、±X方向に長い放射対象空間に適したアンテナとなる。このように、アンテナ装置のX方向とY方向の長さを変えることにより、放射対象空間に最適な放射指向特性を持つアンテナ装置を実現できる。

【0156】

なお、本実施形態においては、筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置は、Z X面及びZ Y面に対して対称な構造であるアンテナ装置として例示されて説明されたが、本発明の実施形態は必ずしもこの構成のアンテナ装置に限定されるものではない。例えば、所望の放射指向特性あるいは入力インピーダンス特性を得るために、Z X面のみに対して対称な構造あるいはZ Y面のみに対して対称な構造も可能である。このような構造により放射対象空間に最適な放射指向特性を持つアンテナ装置を実現できる。

【0157】

なお、本実施形態においては、アンテナ素子13a乃至13dが導体線で構成されたアンテナ装置を例に挙げて説明したが、本発明の実施形態は必ずしもこの構成のアンテナ装置に限定されるものではない。例えば、アンテナ素子13a乃至13dが板状の導体で構成される場合も可能である。これにより、所望の入力インピーダンス特性が得られ、反射損失の少ない高効率なアンテナ装置を実現できるという効果がある。

【0158】

なお、所望の入力インピーダンス特性を得る方法として、第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置の場合と同様に整合導体を備えることも可能である。例えば、図31の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成に加えて、図12に示すような整合導体19aを備えてもよい。図12においては、整合導体19aが線状の導体であり、接地導体11と接続された例を示している。これにより、アンテナ素子13a近傍の電界を変化させ、アンテナ素子13aに流れる電流を変化させることにより、アンテナ素子13aのインピーダンスを変化させることができる。これにより、所望の入力インピーダンス特性が得られ、反射損失の少ない高効率なアンテナ装置を実現できるという効果がある。なお、所望のインピーダンス特性を得るために、図31の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成に加えて、図13に示すような整合導体19aが接地導体11及び天井導体15aと接続された構成、図14に示すように整合導体19aが接地導体11及びアンテナ素子13aと接続された構成も可能である。これにより、アンテナ素子13aに流れる電流を直接的に変化させることができるために、筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置のインピーダンス特性を大幅に変えることができるという効果がある。なお、アンテナ素子13aのインピーダンス調整法を一例に挙げて説明したが他のアンテナ素子13b乃至13dについても同様の効果が得られる。

【0159】

図35は、本発明の第4の実施形態の第2の実施例に係る筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図であって、本発明者らによって試作された筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置を示す。この筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置は、図32のアンテナ装置の構成に加えて、図13と同様の整合導体19a-1乃至19d-1をさらに備えている。整合導体19a-1乃至19d-1は、各方形導波管504a乃至504dの開放端から当該方形導波管504a乃至504dの内部に2mmだけ入り、各アンテナ素子13a乃至13dから3mmだけ離れた位置に、各アンテナ素子13a乃至13dと平行に設けられる。図32に示す第1の実施例に係る筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成では、図33に示したように反射損失が-3.7dB程度であり、アンテナ装置に効率よく電力を供給できない。そこで、図35に示すように整合導体19a-1乃至19d-1を備え、給電ケーブル（図示せず。）とのインピーダンスを整合し、高効率なアンテナ装置を実現する。図36は、図35の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の反射係数 S_{11} の周波数特性を示す特性図である。図36より、筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の共振周波数である2.4GHzでは、反射損失は-13.5dBであり、反射損失の少ない良好な特性が得られていることがわかる。

【0160】

本実施形態のスロット付き導波管アレーアンテナ装置の放射特性を変化させる方法として、第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置と同様に、図15に示すような指向特性制御導体20aを備えることも可能である。図15においては、指向特性制御導体20aが、X軸上の正の位置において接地導体11と接続されて設けられた例を示している。放射される電波は、指向特性制御導体20aが導波器として動作する結果、指向特性制御導体20aを設けないときに比較して、+X方向に指向性がより鋭くなる効果が得られる。なお、図15では指向特性制御導体20aを直線状の導体で構成したが、これを他の形状の導体で構成することも可能である。例えば、指向特性制御導体20aが螺旋状の導体線で構成されたヘリカル型整合導体で構成されている場合も可能であり、L字型に折れ曲がった導体線で構成されている場合も可能である。これにより、指向特性制御導体20aを設けたことによる効果を損なうことなくアンテナ装置の薄型化が可能になる。なお、アンテナ素子13aの指向特性を調整するための指向特性制御導体20aを一例に挙げて説明したが、他のアンテナ素子13b乃至13dに対して指向特性制御導体を設けても同様の効果が得られる。

【0161】

さらに、筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置には、図16に示すように、Z軸に平行な線状導体91とY軸に平行な線状導体92により構成される指向特性制御導体20a-1が設けられてもよい。このとき、最も望ましいのは、Z軸に平行な線状導体91がY軸に平行な線状導体92の中央で接続され、Z軸に平行な線状導体91の長さとY軸に平行な線状導体92の半分の長さとの和が約 $1/4$ 波長となる場合である。この長さにすることにより、第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置と同様に、指向特性制御導体20a-1において共振が起こり、指向特性を制御することに関して、より大きな効果を得る。図15のような指向特性制御導体20aを設ける場合は主に、アンテナ装置の垂直面（ZX面）の指向特性を改善する技術であるが、図16のような指向特性制御導体20a-1を備えた構成にすることにより、アンテナ装置のXY面での指向特性も変化できる。なお、アンテナ素子13aの指向特性を調整するための指向特性制御導体20a-1を一例に挙げて説明したが、他のアンテナ素子13b乃至13dに対して指向特性制御導体を設けても同様の効果が得られる。

【0162】

なお、以上までは、アンテナ素子13a乃至13dのそれぞれに対して指向特性制御導体が1個だけ存在する場合について説明したが、2個以上の場合も可能である。これにより、筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の構造の自由度が増え放射指向特性をさらに大きく制御することが可能になる。なお、指向特性制御導体20a又は20a

ー1を、図12乃至14に示された整合導体19a, 19a-1, 19a-2とともに備えてもよい。

【0163】

なお、本実施形態においては、接地導体11が多角形（すなわち正方形）で構成された構造の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置を例に挙げて説明したが、本発明の実施形態は必ずしもこの構成のアンテナ装置に限定されるものではない。例えば、所望の放射指向特性あるいは入力インピーダンス特性を得るために、接地導体11は長方形あるいはその他の多角形、あるいは半円の組み合わせあるいはその他の形状であることも可能である。また、筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置を天井等に設置する場合、アンテナ装置が目立たないように、アンテナ装置の形状と、天井面の升目あるいは部屋の形状とを揃えてほしいという要望がある。しかしながら、筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の形状が長方形やその他の多角形の場合、天井面の升目あるいは部屋の形状は固定のため、筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置を設置する方向には制限が生じてしまう。そこで、図19に示された第1の実施形態の第6の変形例のように、接地導体11が接する底面が概略円形（楕円形状など他の形状であってもよい。）であるレドーム21を用いることによりアンテナ特性を劣化させる湿気や埃等の進入を防ぎアンテナ装置の特性を安定化させる事とともに、筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置を天井に設置する際に、天井面の升目あるいは部屋の形状に気を使うことなく筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置を設置することが可能であるという利点がある。さらに、筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の底面が円形状の場合、筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置を回転させ取り付け方向を変化させることが可能である。これにより、電波の放射方向を調整することが可能になり、筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の設置位置に最適な放射特性を獲得することができる。

【0164】

なお、本実施形態においては、図4のような切り替えスイッチを用いて選択的に切り替えることにより、所定の方位角から到来する無線信号に対する受信電力がより強いアンテナ素子に給電ケーブル（図示せず。）を接続する構成を例に挙げて説明したが、本発明の実施形態はこれに限られるものではない。例えば、図20に示すような合成回路を備えて、上述のごとく、各アンテナ素子13a乃至13dで受信された4つの無線信号を制御して合成してもよい。

【0165】

また、複数個の本実施形態の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置をアレー状に配置し、フェーズドアレーアンテナ及びアダプティブアンテナアレーを構成することも可能である。これにより、さらなる放射電波の指向特性の制御が可能になる。

【0166】

なお、本実施形態においては、1つの天井導体15a乃至15dにつきスロット30a乃至30dが1つだけ存在する場合を例に挙げて説明したが、本発明の実施形態は必ずしもこの構成の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置に限定されるものではなく、天井導体15a乃至15dのうちの1つに2つ以上のスロットを備えることも可能である。これにより、各スロットで送受信される電波の位相が揃い、より強い指向性を実現することができる。また、各天井導体15a乃至15dに対して、異なる個数のスロットを設けてもよい。

【0167】

本実施形態の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置は、第2の実施形態のスロット付き導波管アレーアンテナ装置と同様に、第3の実施形態の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置の構造に特有の共振周波数と、スロット30a乃至30dに起因する共振周波数との間に、若干の周波数差を与えることにより、第3の実施形態の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置に比べて広帯域なインピーダンス特性が得られるという効果もある。

【0168】

<第5の実施形態>

図37は、本発明の第5の実施形態であって、第1の実施形態のアンテナ内部に誘電体が充填された導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。図37において、本実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置は、図1に示された第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置において、そのアンテナ内部を誘電体40によって充填したことを特徴としている。このように構成することにより、第1の実施形態に係る作用効果に加えて、誘電体40内を伝搬する電磁波の実効波長を短くすることができるので、当該導波管アレーアンテナ装置を小型化かつ軽量化して形成できるとともに、誘電体基板上に金属導体を公知の導体パターン形成方法を用いて高精度で当該導波管アレーアンテナ装置を製造できる、また、アンテナ内部に誘電体40が充填されているので、ごみが入らず清掃が不要であるという利点がある。

【0169】

一例として、接地導体11と終端導体14a乃至14dと側面導体16a1, 16a2乃至16d1, 16d2と天井導体15a乃至15dが電氣的に接続され、各給電部12a乃至12dがX軸あるいはY軸上に配置され、アンテナ素子13a乃至13dがXY面に垂直な導体線で構成され、誘電体40がアンテナ内部の全てに充填されている場合を示している。

【0170】

本実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置の動作は、第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置の動作と同様である。

【0171】

本実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置は、アンテナ内部に誘電体40を挿入している。真空での誘電率 ϵ_0 に対する誘電体40の誘電率の比(比誘電率)を ϵ_r とすると、誘電体40内での波長は、真空中の波長に比べて $1/\sqrt{(\epsilon_r)}$ 倍となる。 ϵ_r は1以上であるから誘電体40内では、波長は短くなる。このため、誘電体40をアンテナ内部に挿入することにより、導波管アレーアンテナ装置をより小形で薄型である構造にすることができる。

【0172】

<第6の実施形態>

図38は、本発明の第6の実施形態であって、第2の実施形態のアンテナ内部に誘電体が充填されたスロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である(あるいは、図38は、図37の導波管アレーアンテナ装置に対して、天井導体15a乃至15dにスロット30a乃至30dを備えた構造となっている)。図45において、本実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置は、図21に示された第2の実施形態に係るスロット付き導波管アレーアンテナ装置において、そのアンテナ内部を誘電体40によって充填したことを特徴としている。このように構成することにより、第2の実施形態に係る作用効果に加えて、当該スロット付き導波管アレーアンテナ装置を小型化かつ軽量化して形成できるとともに、誘電体基板上に金属導体を公知の導体パターン形成方法を用いて高精度で当該スロット付き導波管アレーアンテナ装置を製造できる、また、アンテナ内部に誘電体40が充填されているので、ごみが入らず清掃が不要であるという利点がある。本実施形態のスロット付き導波管アレーアンテナ装置の動作は、第2の実施形態のスロット付き導波管アレーアンテナ装置の動作と同様である。

【0173】

<第7の実施形態>

図39は、本発明の第7の実施形態であって、第3の実施形態のアンテナ内部に誘電体が充填された筐体一体型導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。図39において、本実施形態の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置は、図28に示された第3の実施形態に係る筐体一体型導波管アレーアンテナ装置において、そのアンテナ内部を誘電体40によって充填したことを特徴としている。このように構成することにより、第3の

実施形態に係る作用効果に加えて、当該筐体一体型導波管アレーアンテナ装置を小型化かつ軽量化して形成できるとともに、アンテナ内部に誘電体 40 が充填されているので、ごみが入らず清掃が不要であるという利点がある。本実施形態の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置の動作は、第 3 の実施形態の筐体一体型アレーアンテナ装置の動作と同様である。

【0174】

<第 8 の実施形態>

図 40 は、本発明の第 8 の実施形態であって、第 4 の実施形態のアンテナ内部に誘電体が充填された筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。図 40 において、本実施形態の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置は、図 31 に示された第 4 の実施形態に係る筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置において、そのアンテナ内部を誘電体 40 によって充填したことを特徴としている。このように構成することにより、第 4 の実施形態に係る作用効果に加えて、当該筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置を小型化かつ軽量化して形成できるとともに、アンテナ内部に誘電体 40 が充填されているので、ごみが入らず清掃が不要であるという利点がある。本実施形態の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の動作は、第 4 の実施形態の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の動作と同様である。

【0175】

以上の第 5 乃至第 8 の実施形態においてそれぞれ、第 1 乃至第 4 の実施形態において、アンテナ内部に誘電体 40 を充填しているが、第 1 乃至第 4 の実施形態の各変形例や各実施例においても、アンテナ内部に誘電体 40 を充填してもよい。

【0176】

<第 9 の実施形態>

図 41 は、本発明の第 9 の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。第 5 乃至第 8 の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置はまた、誘電体 40 をアンテナ内部に挿入した構造になっているので、両面にそれぞれパターン導体である接地導体 11 及び天井導体 15（導体箔にてなる）が形成されている誘電体基板 41 を用いて作成することが可能である。図 41 の実施形態においては、図 37 の側面導体 16a1, 16a2 乃至 16d1, 16d2 と終端導体 14a 乃至 14d の代わりに、互いに所定間隔だけ離れてかつ互いに平行に（垂直方向に、すなわち厚さ方向に）形成された複数のスルーホール導体 42c を形成したことを特徴としており、図 37 の導波管アレーアンテナ装置と同様の作用効果を有する。なお、アンテナ素子 13a 乃至 13d もまたスルーホール導体で形成している。ここで、スルーホール導体 42c は、下面に接地導体 11 が形成され、かつ上面に天井導体 15a 乃至 15d が形成された誘電体に厚さ方向に貫通するスルーホール 42 を形成し、そのスルーホール 42 に金属導体を充填することにより形成される。本実施形態に係る製造方法においては、エッチング加工等のような公知の導体パターン形成方法を用いることができるので、高精度で天井導体 15a 乃至 15d やスルーホール導体 42c を形成することができ、これにより、誘電体 40 が充填された導波管アレーアンテナ装置の製作精度が向上し、さらには量産によるコストの削減が可能になる。

【0177】

次に、図 41 の導波管アレーアンテナ装置の製作手順の一例を示す。上面と下面にそれぞれ導体パターンの層が形成された誘電体基板を接地導体 11 の大きさに切断し、上面の導体パターンを例えばエッチング又は機械加工で削ることにより導体パターンの天井導体 15a 乃至 15d を形成する。次いで、誘電体基板において厚さ方向に貫通するようにスルーホールを形成した後、各スルーホールに金属導体を充填することにより、複数のスルーホール導体 32 にてなる側面導体 16a1, 16a2 乃至 16d1, 16d2 及び終端導体 14a 乃至 14d と、アンテナ素子 13 とを形成する。ここでは、天井導体 15a 乃至 15d が形成された面を誘電体基板の上面とする。誘電体基板のもう一方の導体パターンが接地導体 11 となる。さらに、この接地導体 11 において、アンテナ素子 13a 乃至

13dを構成するスルーホールのある位置に適当な円形孔を形成して給電点12a乃至12dを形成することにより、本実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置を作成できる。図39の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置の場合も、仕切壁導体31a乃至31d等の構成要素を同様に作製できる。また、図38及び図40の場合も、表面に導体パターンが形成された誘電体基板に対して、スロット30a乃至30dをエッチングあるいは機械加工で導体パターンを削ることにより、同様に作成可能である。

【0178】

以上で説明した第5乃至第9の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置によれば、しかも簡単な構造であって、小形で薄型な形状で、かつ工作精度が良く、アンテナ特性の劣化の少ない、一方向により強い指向性を備えたアンテナ装置を実現できる。

【0179】

以上で説明した第5乃至第9の実施形態やその実施例においては、当該導波管アレーアンテナ装置がZX面に対して対称な構造である場合を示した。この場合、導波管アレーアンテナ装置から放射される電波の指向特性がZX面に対して対称になるという効果がある。

【0180】

なお、第5乃至第9の実施形態においては、ZX面に対して対称な構造である導波管アレーアンテナ装置を例に挙げて説明したが、本発明の実施形態は必ずしもこの構成のアンテナ装置に限定されるものではない。例えば、所望の放射指向特性あるいは入力インピーダンス特性を得るために、ZY面にのみ対称な構造、又は、ZY面、ZX面に対して非対称な構造も可能である。このような構造により放射対象空間に最適な放射指向特性を持つアンテナ装置を実現できる。

【0181】

なお、第5乃至第9の実施形態においては、導体で囲まれたアンテナ内部が誘電体40ですべて満たされている構造の導波管アレーアンテナ装置を例に挙げて説明したが、本発明の実施形態は必ずしもこの構成のアンテナ装置に限定されるものでなく、アンテナ内部の少なくとも一部に誘電体40が存在する場合も可能である。例えば、天井導体15a乃至15dと終端導体14a乃至14dと接地導体11で囲まれた空間のみを誘電体基板を用いて形成することも可能である。

【0182】

<第10の実施形態>

図42は、本発明の第10の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置の構成を示す上面図である。本発明の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置は、以上で説明された実施形態のように、接地導体11が正方形又は長方形の底面形状、あるいはそれらの形状を組み合わせた底面形状を有するアンテナ装置のみに限定されるのではない。例えば、所望の放射指向特性あるいは入力インピーダンス特性を得るために、接地導体11はその他の多角形、あるいは半円の組み合わせあるいはその他の形状であることも可能である。本実施形態においては、そのような変形例として、アンテナ素子13a乃至13cをそれぞれ含む3つの方形導波管501a乃至501cの開放端が、上から見たときに正三角形の形状になるように配置された導波管アレーアンテナ装置である。アンテナ素子13aを有する方形導波管501aが導波管アンテナ部601aを構成し、アンテナ素子13bを有する方形導波管501bが導波管アンテナ部601bを構成し、アンテナ素子13cを有する方形導波管501cが導波管アンテナ部601cを構成する。

【0183】

図42では、アンテナ素子13a乃至13c（図示せず。）は接続点10a乃至10cから下方に垂直に延在して設けられ、アンテナ素子13a乃至13cをそれぞれ含む3つの方形導波管501a乃至501cは、図2に示された導波管アンテナ部501a乃至501dと同様に構成される。また、アンテナ素子13a及び13bを含む各方形導波管501a及び501bはそれぞれの開放端において、当該方形導波管501a及び501bを構成する側面導体のうちの互いに隣接する2つの側面導体の端部が互いに接続される。

また、アンテナ素子13b及び13cを含む各方形導波管501b及び501cはそれぞれの開放端において、当該方形導波管501b及び501cを構成する側面導体のうちの互いに隣接する2つの側面導体の端部が互いに接続される。さらに、アンテナ素子13c及び13aを含む各方形導波管501c及び501aはそれぞれの開放端において、当該方形導波管501c及び501aを構成する側面導体のうちの互いに隣接する2つの側面導体の端部が互いに接続される。従って、3つの方形導波管501a乃至501cは、それぞれの開放端が正三角形の対応する辺上に位置するように、その開放端を内側に向け、終端導体を外側に向けて設けられる。このように導波管アレーアンテナ装置を製作することによって、所望の放射指向特性を有し、また第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置よりも簡単な構成のアンテナ装置を提供することができる。

【0184】

<第11の実施形態>

図43は、本発明の第11の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置の構成を示す上面図である。本実施形態では、第10の実施形態と同様の変形例として、アンテナ素子13a, 13b, 13c, 13d, 13e, 13fをそれぞれ含む6つの導波管アンテナ部601a, 601b, 601c, 601d, 601e, 601fの開放端が、上から見たときに正六角形の形状になるように配置された導波管アレーアンテナ装置を構成している。このように導波管アレーアンテナ装置を製作することによって、所望の放射指向特性を有するアンテナ装置を提供することができる。

【0185】

第10及び第11の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置において、第5乃至第9の実施形態と同様にアンテナ内部に誘電体40を埋め込んでもよい。

【0186】

第5乃至第11の実施形態において、さらに、第1乃至第4の実施形態と同様に、図12乃至図14で図示した整合導体19a, 19a-1, 19a-2を備えることも可能である。また、第1乃至第4の実施形態と同様に、図15及び図16で図示した指向特性制御導体20a, 20a-1を備えることも可能である。この場合、整合導体19a, 19a-1, 19a-2あるいは指向特性制御導体20a, 20a-1は、誘電体基板のスルーホール導体や導体パターンのパターンにより作製することも可能である。

【0187】

なお、第1乃至第4の実施形態で説明した変形例は、第5乃至第11の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置においてすべて適用可能である。

【0188】

また、第5乃至第11の実施形態に係る複数の当該導波管アレーアンテナ装置をアレー状に配置し、フェーズドアレーアンテナ及びアダプティブアンテナアレーを構成してもよく、さらなる放射電波の指向特性の制御が可能になる。

【0189】

以上で説明した各実施形態や変形例において、1個の整合導体19a, 19a-1, 19a-2を備えているが、本発明の実施形態はこれに限らず、複数の整合導体19a, 19a-1, 19a-2を備えてもよい。また、以上で説明した各実施形態や変形例において、1個の指向特性制御導体20a, 20a-1を備えているが、本発明はこれに限らず、複数の指向特性制御導体20a, 20a-1を備えてもよい。

【0190】

以上説明したように、本発明に係る実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置によれば、薄型である構造のアンテナ装置であって、かつ一方向により強い指向性を有する複数の導波管アンテナ部601a乃至601fを選択的に切り替えて動作させることにより、所望方向に対してより強い指向性を有するアンテナ装置を実現できる。また、上記選択的な切り替えに代えて、複数の無線信号を制御して合成することにより所望方向に対してより強い指向性を有するアンテナ装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0191】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図2】図1のアンテナ素子13aを含む導波管アンテナ部601aの詳細構成を示す斜視図である。

【図3】(a)は図2の導波管アンテナ部601aの電界分布を示す斜視図であり、(b)は図2の導波管アンテナ部601aの磁流分布を示す斜視図である。

【図4】図1の導波管アレーアンテナ装置の指向特性を選択的に切り替えるためのスイッチの構成の一例を示すブロック図である。

【図5】本発明の第1の実施形態の第1の実施例に係る導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図6】図5の導波管アレーアンテナ装置の反射係数 S_{11} の周波数特性を示す特性図である。

【図7】図5の導波管アレーアンテナ装置の2.5GHzにおける放射指向特性を示す特性図であり、(a)はXY平面の放射指向特性を示す特性図であり、(b)はZX平面の放射指向特性を示す特性図である。

【図8】図5のアンテナ素子13a乃至13dを選択的に切り替えて動作させたときの導波管アレーアンテナ装置のXY平面の放射指向特性を示す特性図である。

【図9】本発明の第1の実施形態の第2の実施例に係る導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図10】図9の導波管アレーアンテナ装置の放射指向特性を示す特性図であり、(a)はXY平面の放射指向特性を示す特性図であり、(b)はZX平面の放射指向特性を示す特性図である。

【図11】図9のアンテナ素子13a乃至13dを選択的に切り替えて動作させたときの導波管アレーアンテナ装置のXY平面の放射指向特性を示す特性図である。

【図12】本発明の第1の実施形態の第1の変形例に係る導波管アレーアンテナ装置における1つの導波管アンテナ部601aの構成を示す斜視図である。

【図13】本発明の第1の実施形態の第2の変形例に係る導波管アレーアンテナ装置における1つの導波管アンテナ部601aの構成を示す斜視図である。

【図14】本発明の第1の実施形態の第3の変形例に係る導波管アレーアンテナ装置における1つの導波管アンテナ部601aの構成を示す斜視図である。

【図15】本発明の第1の実施形態の第4の変形例に係る導波管アレーアンテナ装置における1つの導波管アンテナ部601aの構成を示す斜視図である。

【図16】本発明の第1の実施形態の第5の変形例に係る導波管アレーアンテナ装置における1つの導波管アンテナ部601aの構成を示す斜視図である。

【図17】本発明の第1の実施形態の第5の変形例の実施例に係る導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図18】図17の導波管アレーアンテナ装置の2.5GHzにおける放射指向特性を示す特性図であり、(a)はXY平面の放射指向特性を示す特性図であり、(b)はZX平面の放射指向特性を示す特性図である。

【図19】本発明の第1の実施形態の第6の変形例に係る導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図20】図1の導波管アレーアンテナ装置の指向特性を変化させるための合成回路の一例を示すブロック図である。

【図21】本発明の第2の実施形態に係るスロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図22】図21のアンテナ素子13aを含むスロット付き導波管アンテナ部602aの詳細構成を示す斜視図である。

【図23】図22のスロット付き導波管アンテナ部のXZ平面によって切断された断面図である。

【図 24】(a) は図 22 のスロット付き導波管アンテナ部 602 a の電界分布を示す斜視図であり、(b) は図 22 のスロット付き導波管アンテナ部の磁流分布を示す斜視図である。

【図 25】本発明の第 2 の実施形態の実施例に係るスロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図 26】図 25 のスロット付き導波管アレーアンテナ装置の反射係数 S_{11} の周波数特性を示す特性図である。

【図 27】図 22 のスロット付き導波管アレーアンテナ装置の 2.5 GHz における放射指向特性を示す特性図であり、(a) は XY 平面の放射指向特性を示す特性図であり、(b) は ZX 平面の放射指向特性を示す特性図である。

【図 28】本発明の第 3 の実施形態に係る筐体一体型導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図 29】本発明の第 3 の実施形態の実施例に係る筐体一体型導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図 30】図 29 の筐体一体型導波管アレーアンテナ装置の 2.6 GHz における放射指向特性を示す特性図であり、(a) は XY 平面の放射指向特性を示す特性図であり、(b) は ZX 平面の放射指向特性を示す特性図である。

【図 31】本発明の第 4 の実施形態に係る筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図 32】本発明の第 4 の実施形態の第 1 の実施例に係る筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図 33】図 32 の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の反射係数 S_{11} の周波数特性を示す特性図である。

【図 34】図 32 の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の 2.3 GHz における放射指向特性を示す特性図であり、(a) は XY 平面の放射指向特性を示す特性図であり、(b) は ZX 平面の放射指向特性を示す特性図である。

【図 35】本発明の第 4 の実施形態の第 2 の実施例に係る筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図 36】図 35 の筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の反射係数 S_{11} の周波数特性を示す特性図である。

【図 37】本発明の第 5 の実施形態であって、第 1 の実施形態のアンテナ内部に誘電体が充填された導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図 38】本発明の第 6 の実施形態であって、第 2 の実施形態のアンテナ内部に誘電体が充填されたスロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図 39】本発明の第 7 の実施形態であって、第 3 の実施形態のアンテナ内部に誘電体が充填された筐体一体型導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図 40】本発明の第 8 の実施形態であって、第 4 の実施形態のアンテナ内部に誘電体が充填された筐体一体型スロット付き導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図 41】本発明の第 9 の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図 42】本発明の第 10 の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置の構成を示す上面図である。

【図 43】本発明の第 11 の実施形態に係る導波管アレーアンテナ装置の構成を示す上面図である。

【符号の説明】

【0192】

9…端子、

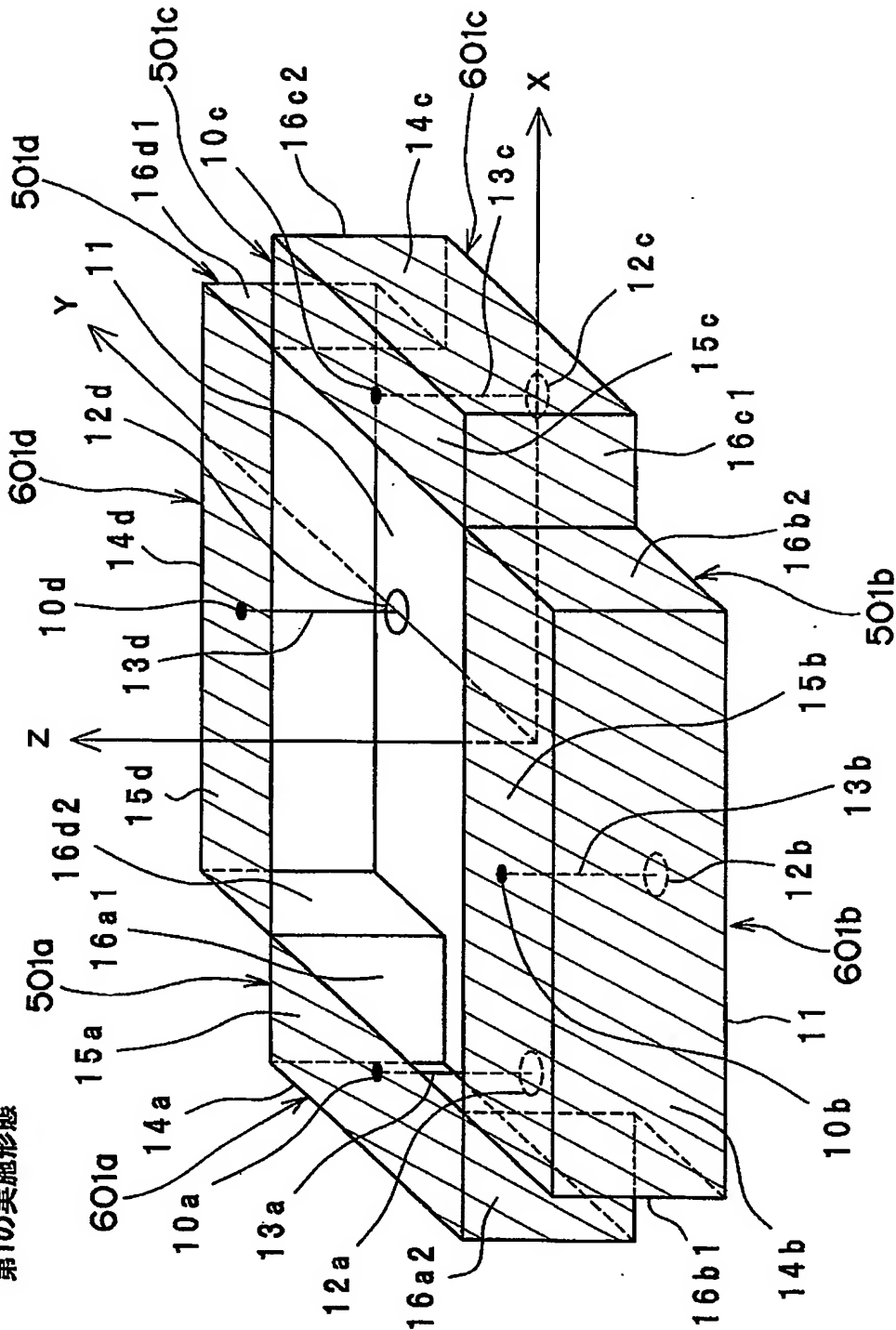
10a, 10b, 10c, 10d, 10e, 10f, 81a…接続点、

11…接地導体、

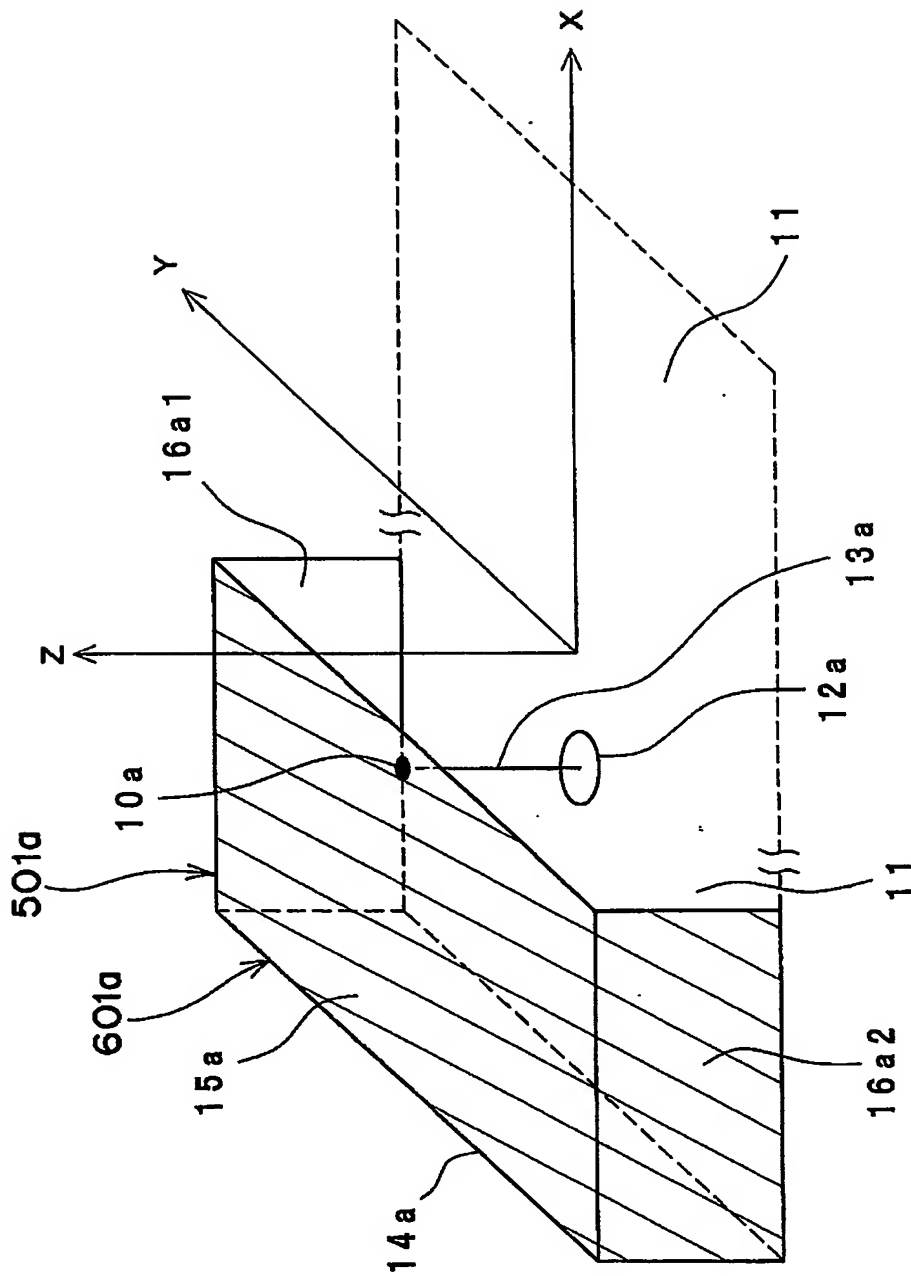
1 2 a, 1 2 b, 1 2 c, 1 2 d…給電点、
1 3 a, 1 3 b, 1 3 c, 1 3 d…アンテナ素子、
1 4 a, 1 4 b, 1 4 c, 1 4 d…終端導体、
1 5 a, 1 5 b, 1 5 c, 1 5 d, 1 5 e, 1 5 f…天井導体、
1 6 a 1, 1 6 a 2, 1 6 b 1, 1 6 b 2, 1 6 c 1, 1 6 c 2, 1 6 d 1, 1 6 d 2…
側面導体、
1 7…切り替えスイッチ、
1 8…受信信号電力判定部、
1 9 a, 1 9 a-1, 1 9 b-1, 1 9 c-1, 1 9 d-1, 1 9 a-2…整合導体、
2 0 a, 2 0 a-1, 9 1, 9 2…指向特性制御導体。
2 1…レドーム、
2 2 a, 2 2 b, 2 2 c, 2 2 d…振幅調整回路、
2 3 a, 2 3 b, 2 3 c, 2 3 d…移相器、
2 4…合成器、
2 5…アンテナコントローラ、
3 0 a, 3 0 b, 3 0 c, 3 0 d…スロット、
3 1 a, 3 1 b, 3 1 c, 3 1 d…仕切壁導体、
4 0…誘電体、
4 2…スルーホール、
4 2 c…スルーホール導体、
5 0 1 a乃至5 0 1 f, 5 0 2 a乃至5 0 2 d, 5 0 3 a乃至5 0 3 d, 5 0 4 a乃至5
0 4 d…方形導波管、
6 0 1 a乃至6 0 1 f, 6 0 2 a乃至6 0 2 d, 6 0 3 a乃至6 0 3 d, 6 0 4 a乃至6
0 4 d…導波管アンテナ部。

【書類名】 図面
【図1】

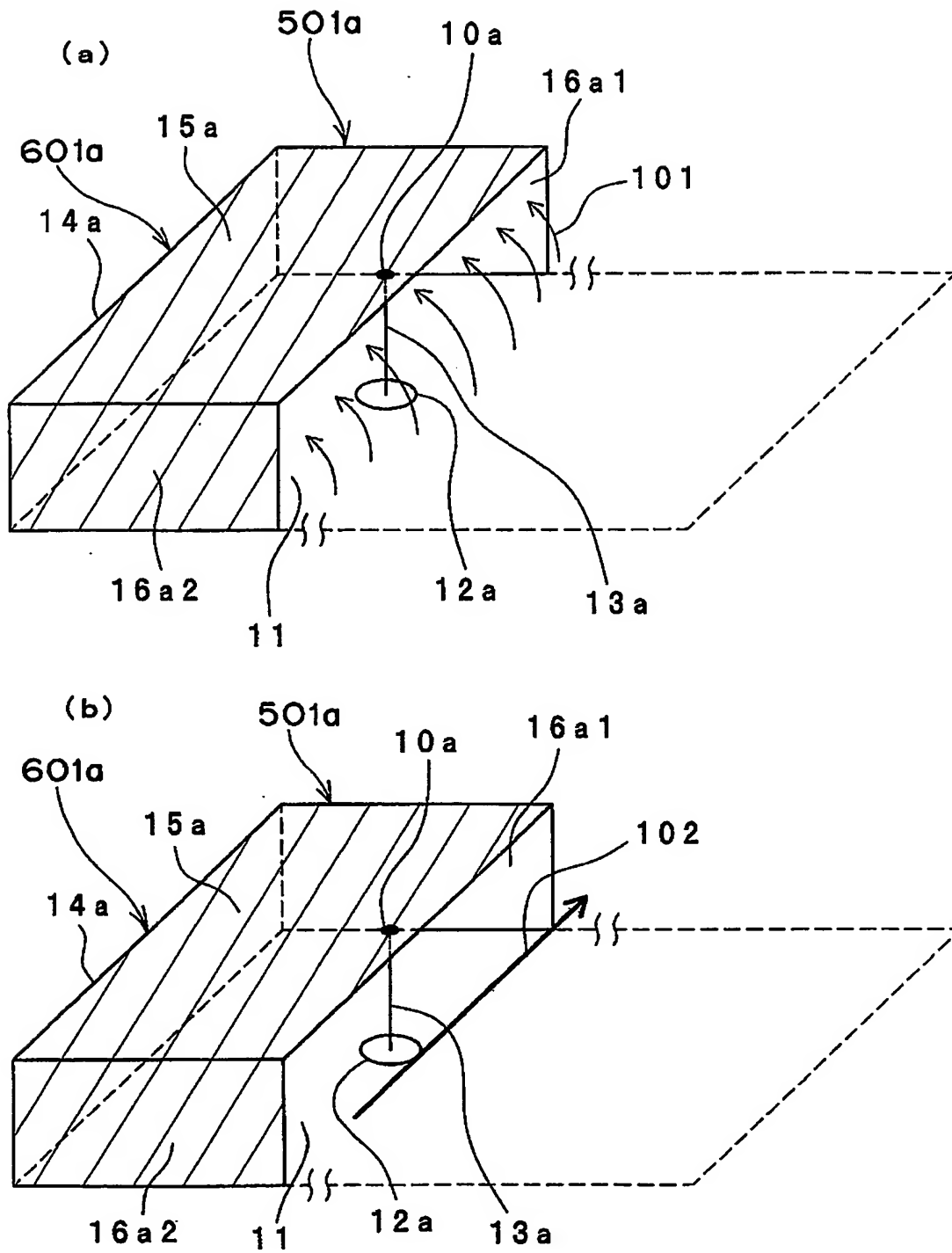
第1の実施形態



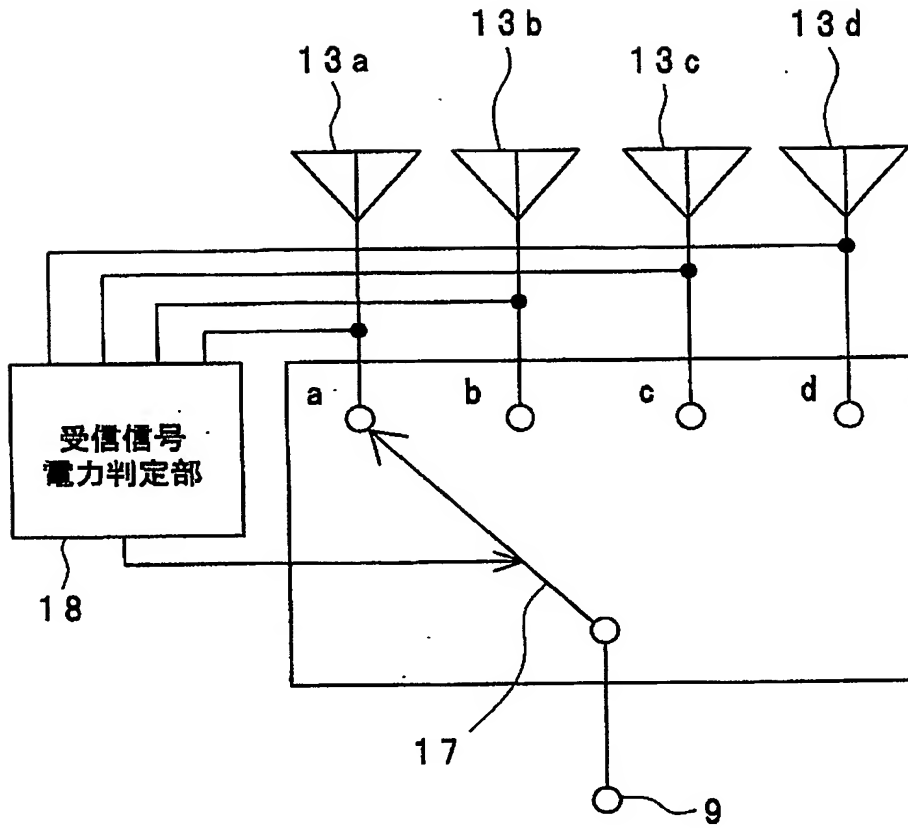
【図 2】



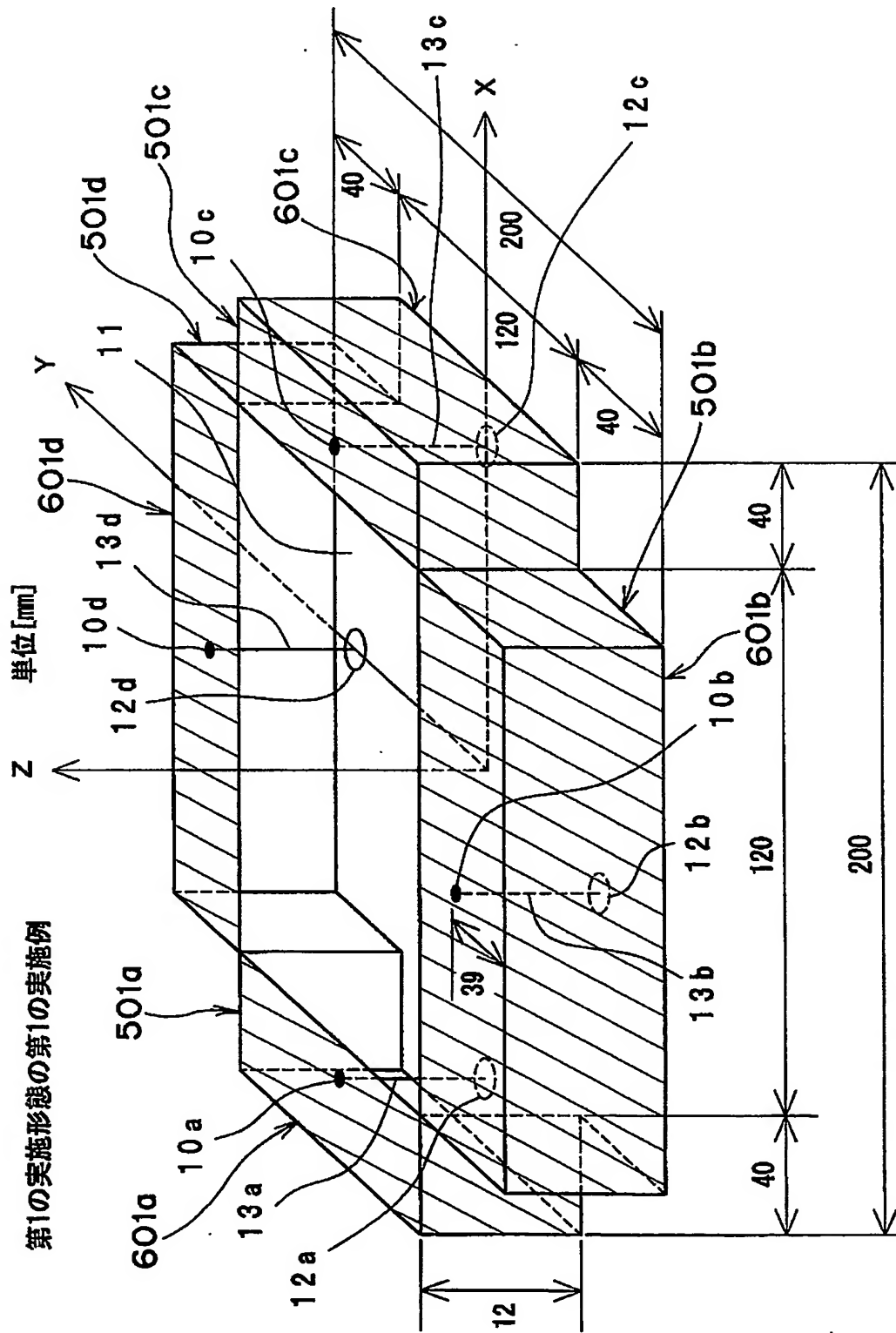
【図 3】



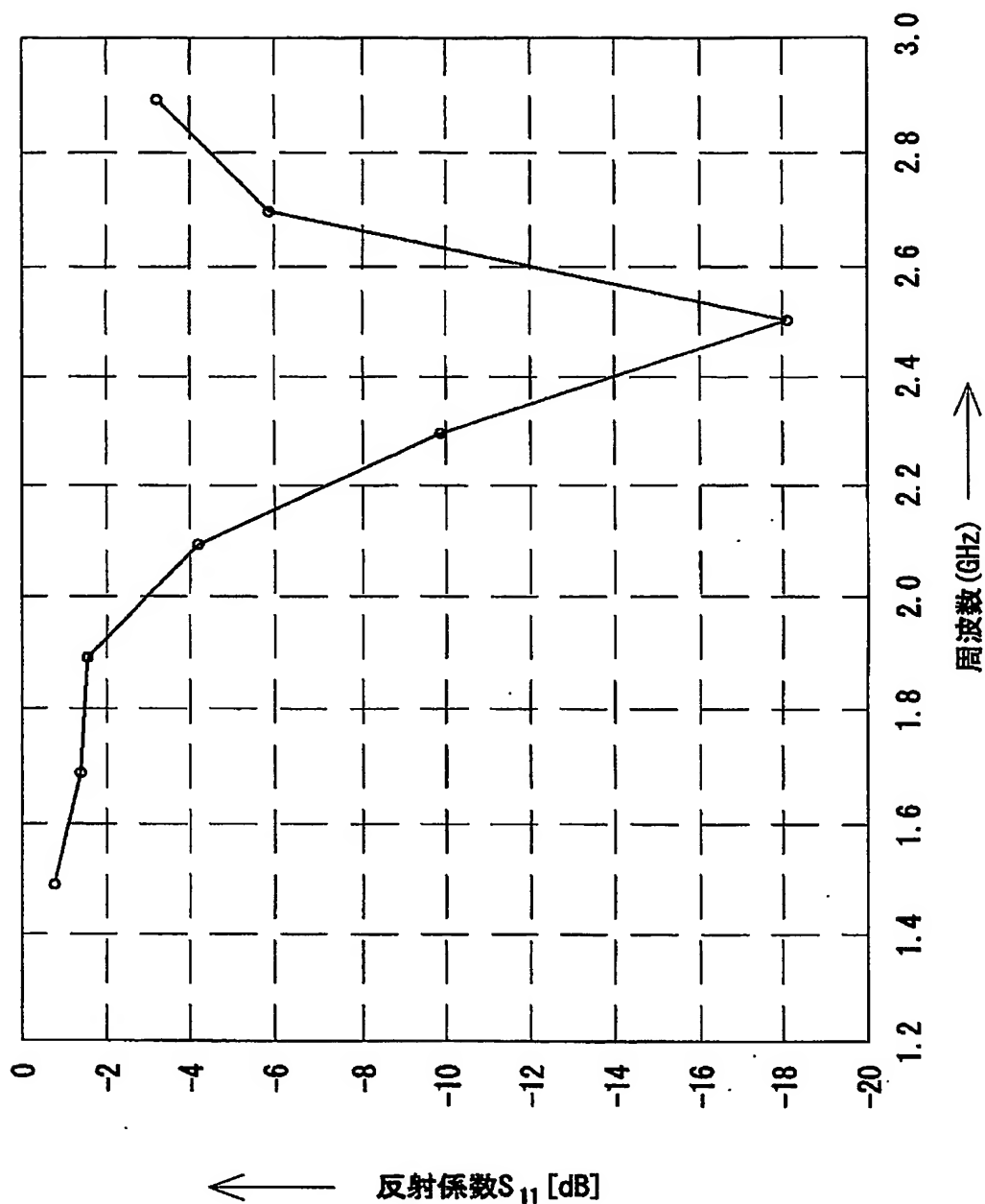
【図 4】



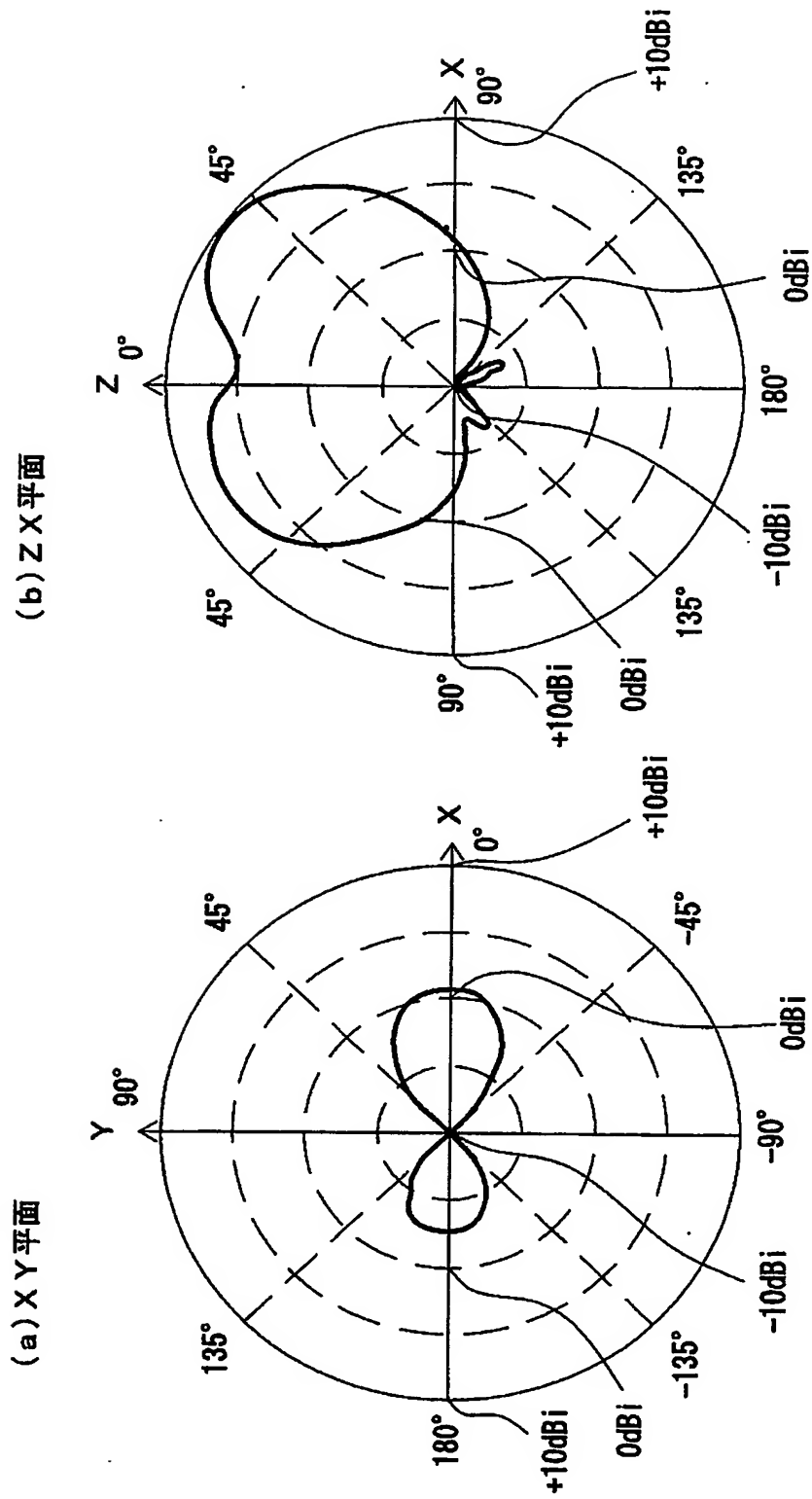
【図5】



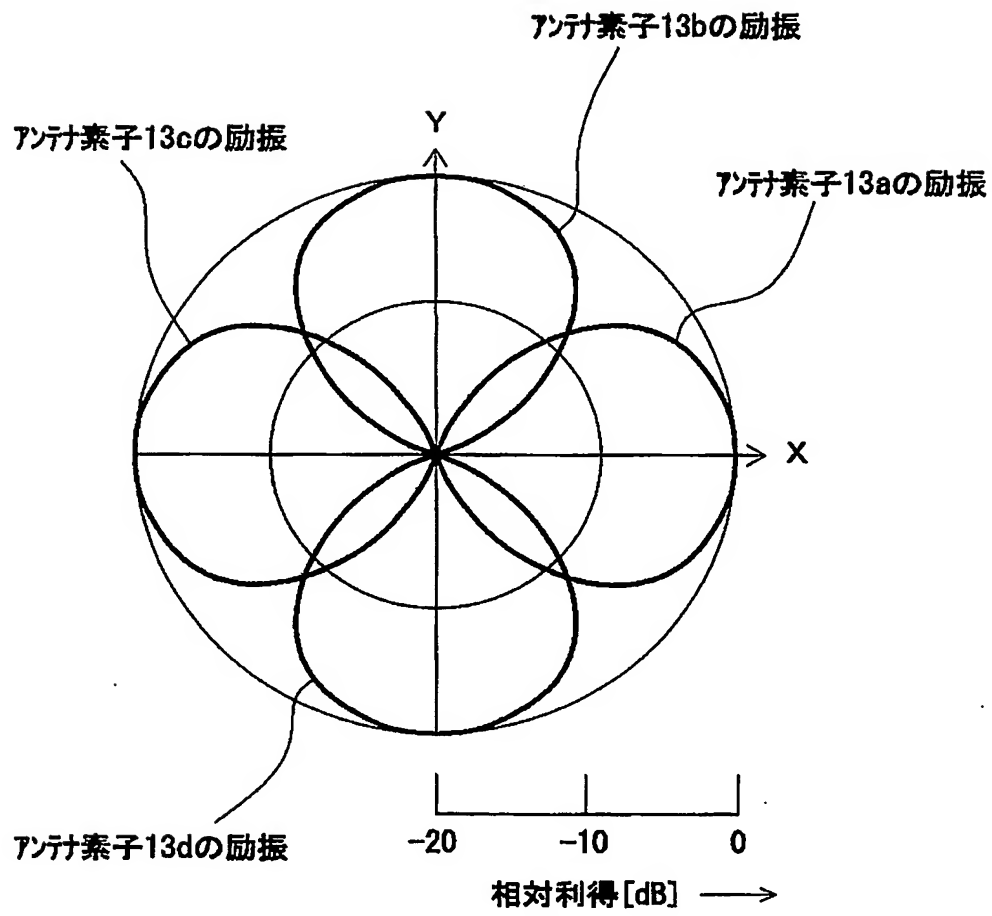
【図 6】



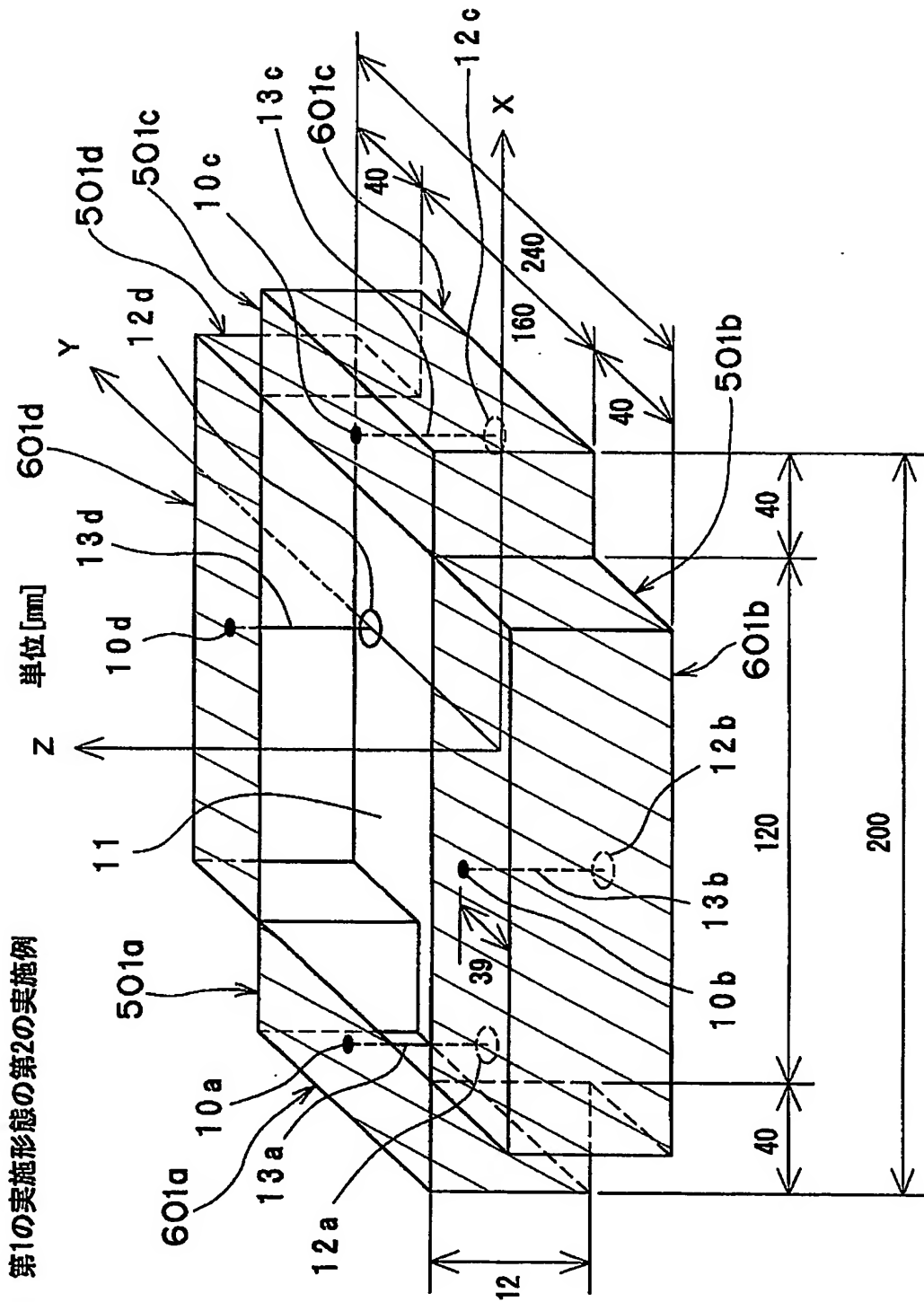
【図 7】



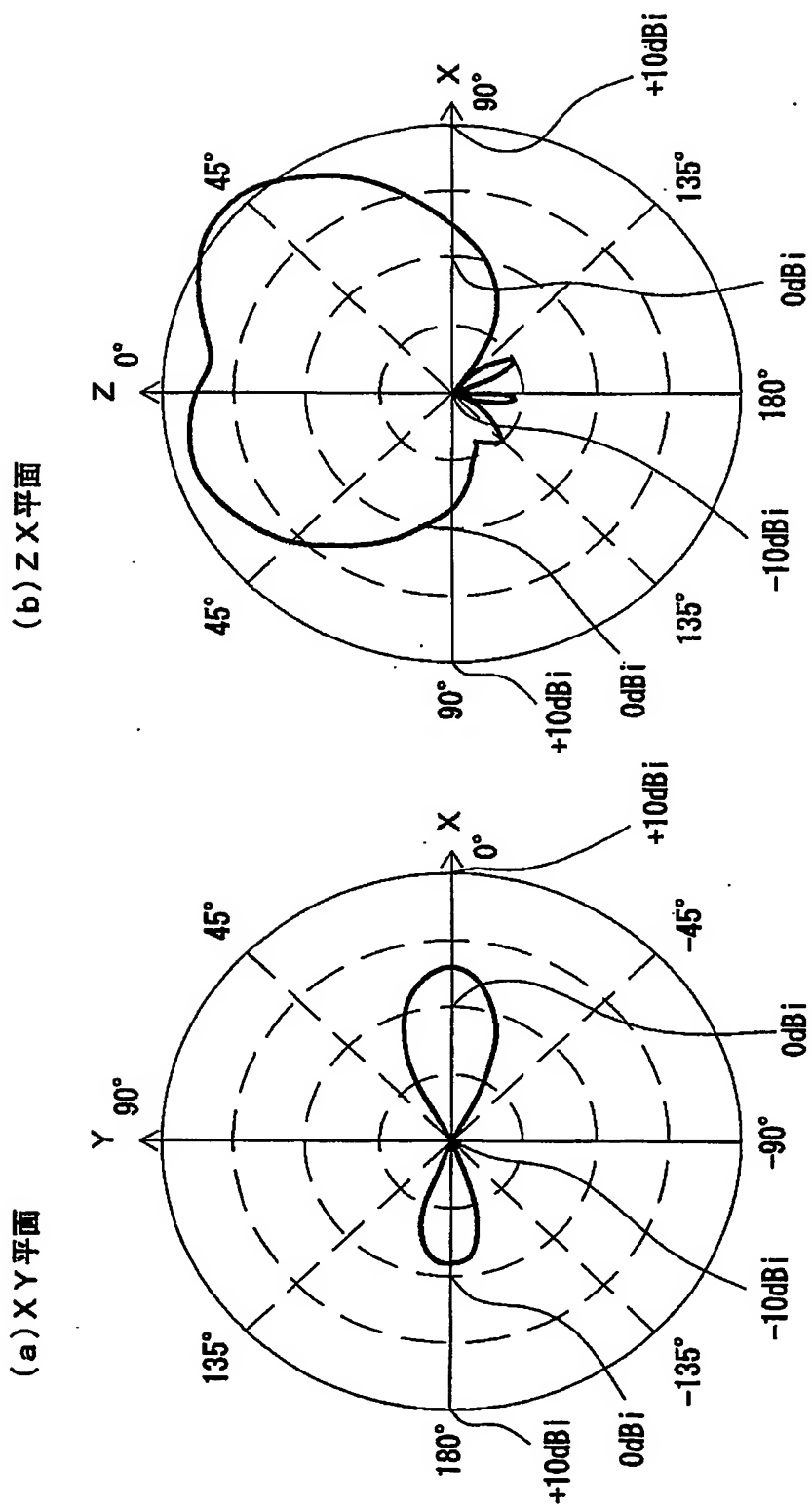
【図 8】



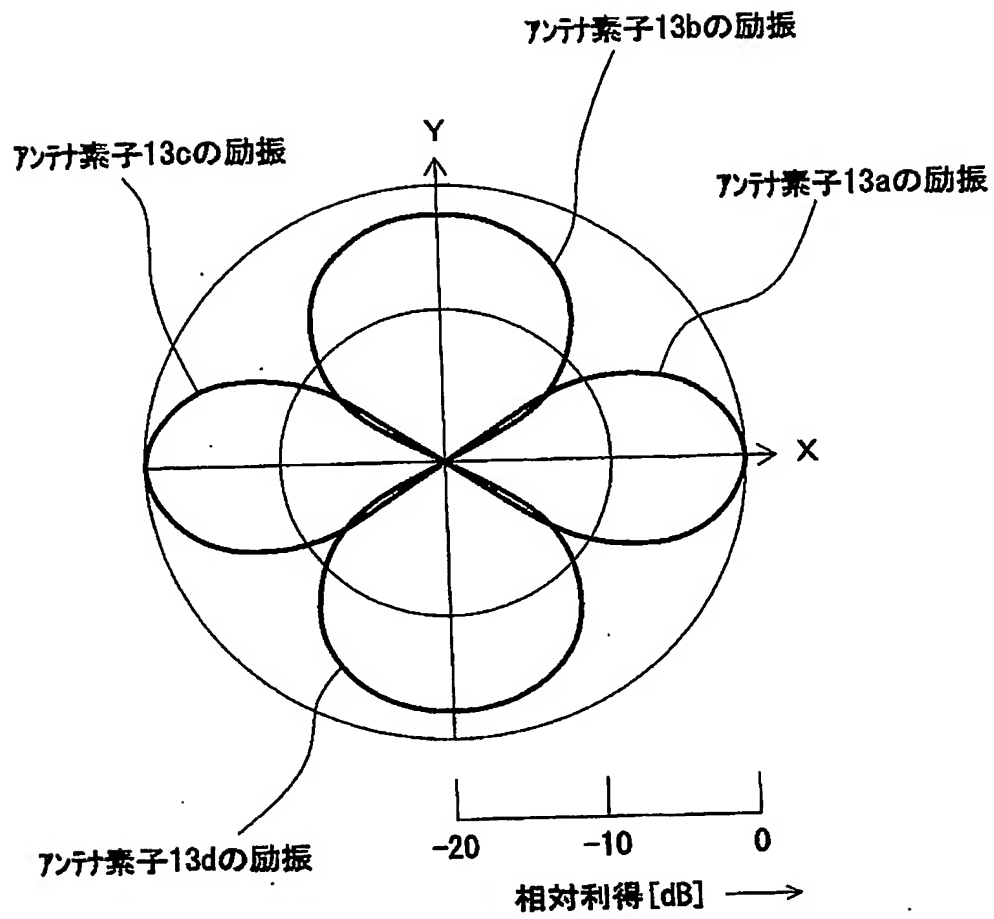
【図 9】



【図10】

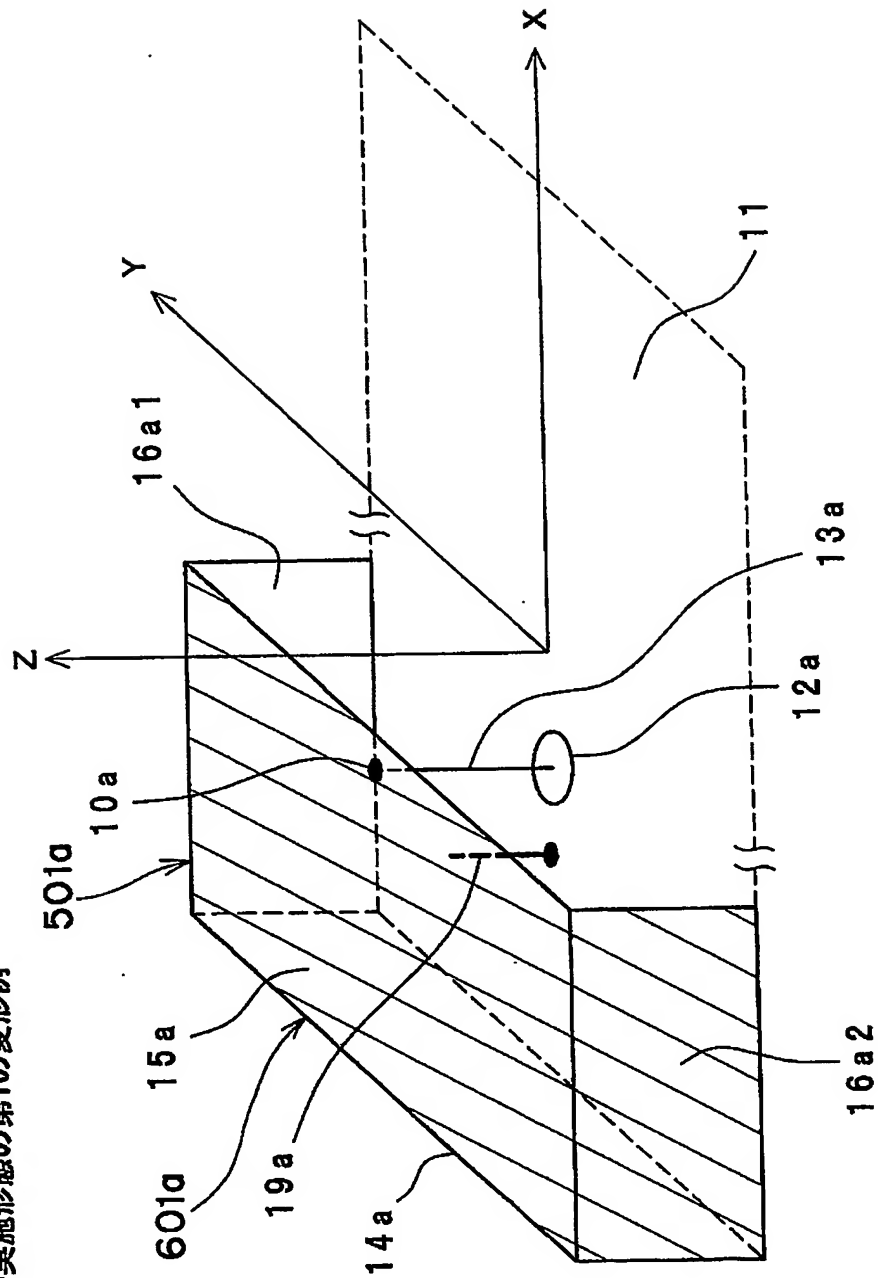


【図 11】



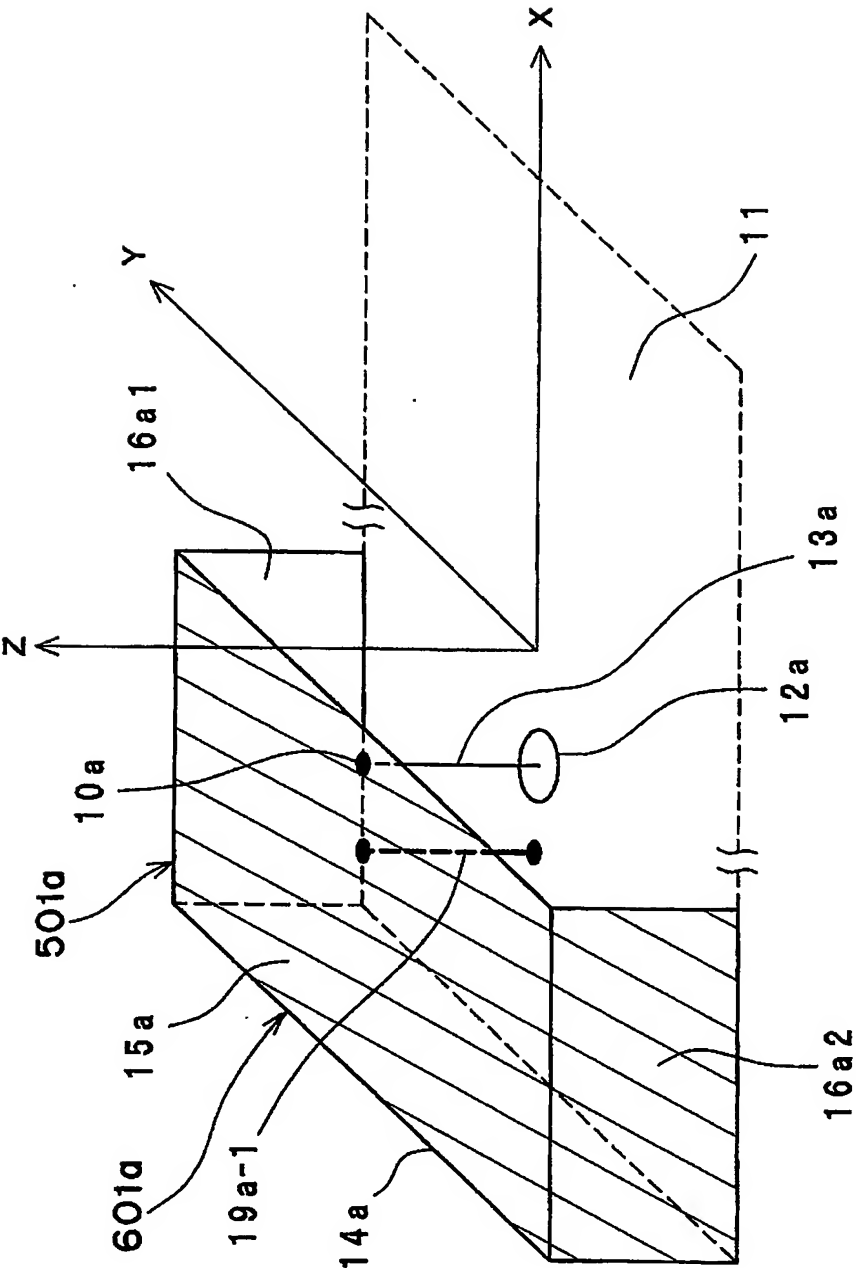
【図12】

第1の実施形態の第1の変形例



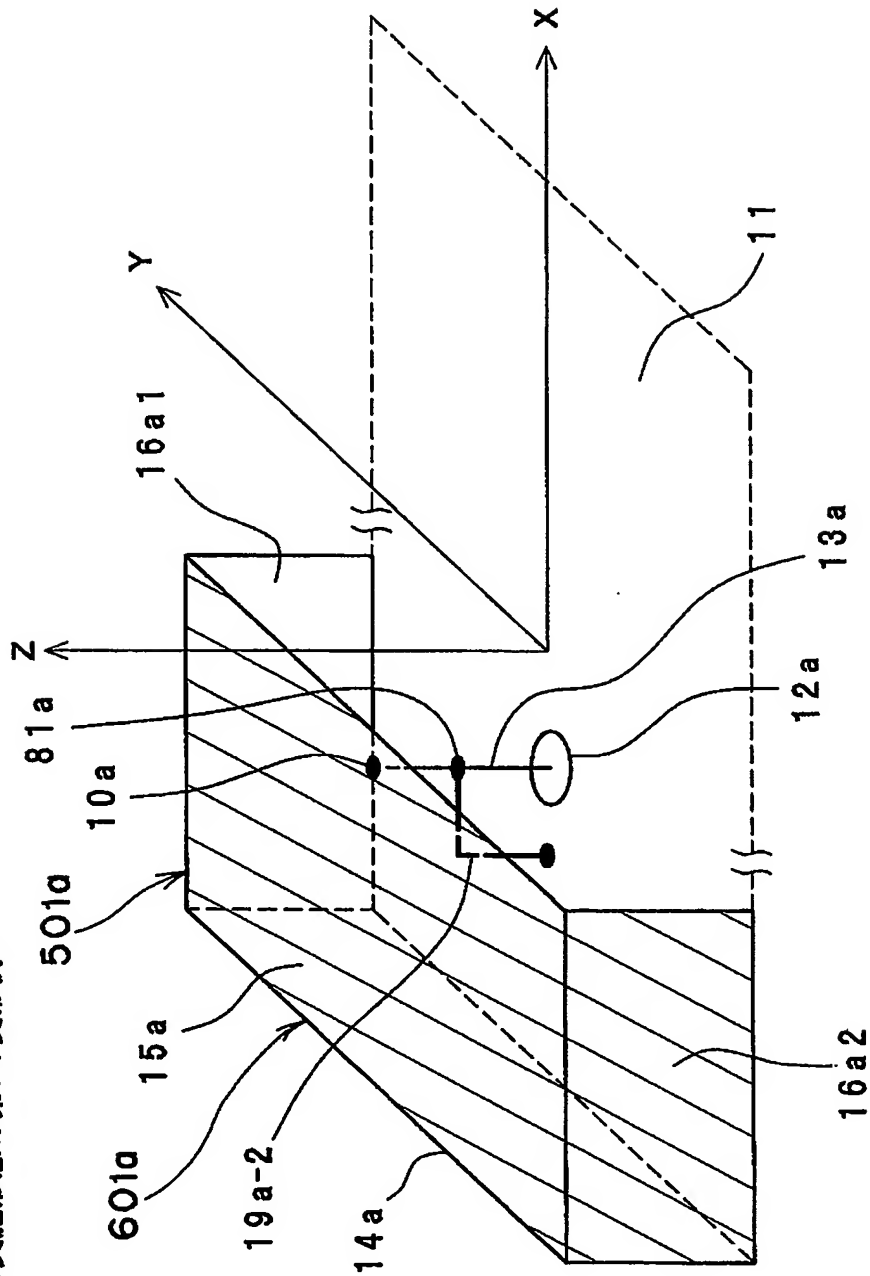
【図13】

第1の実施形態の第2の変形例



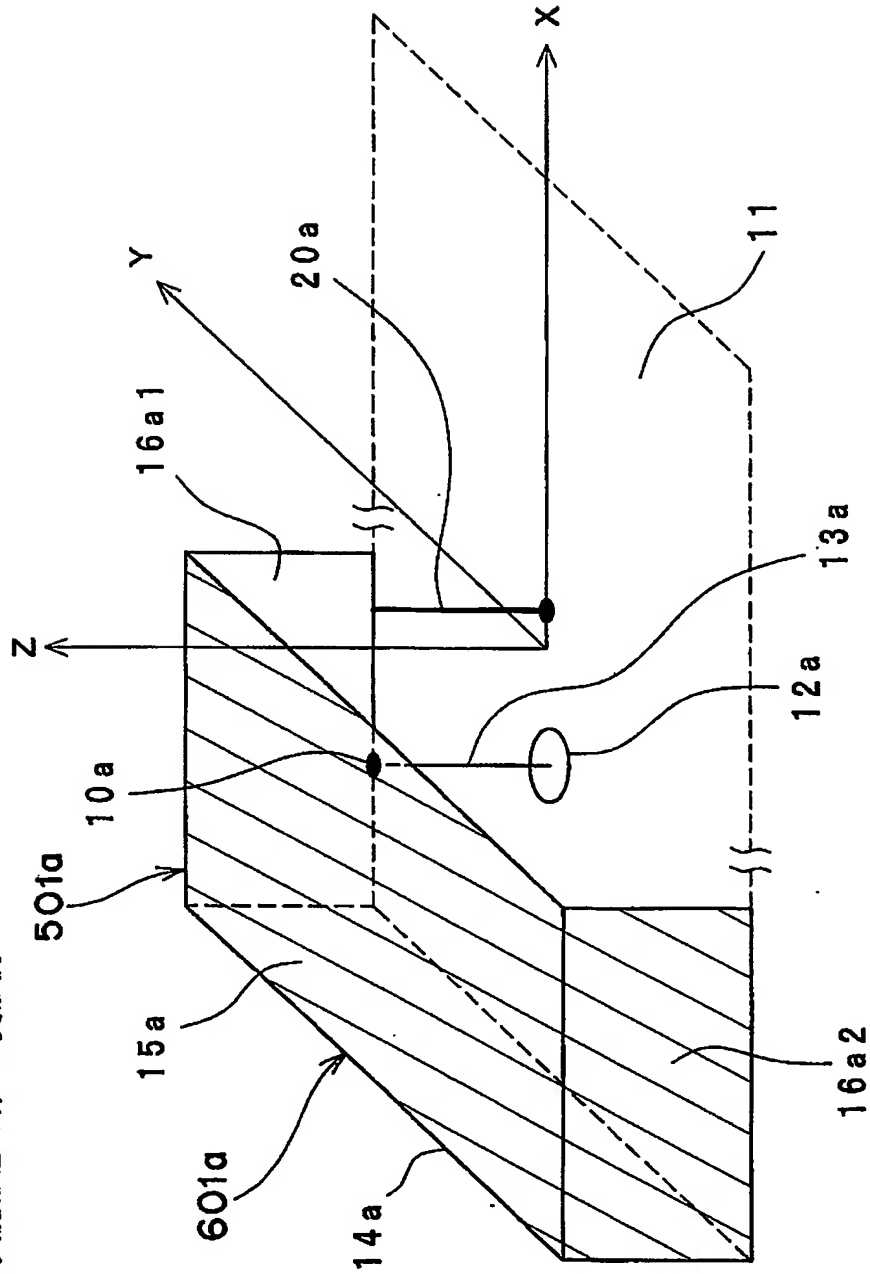
【図 14】

第1の実施形態の第3の変形例

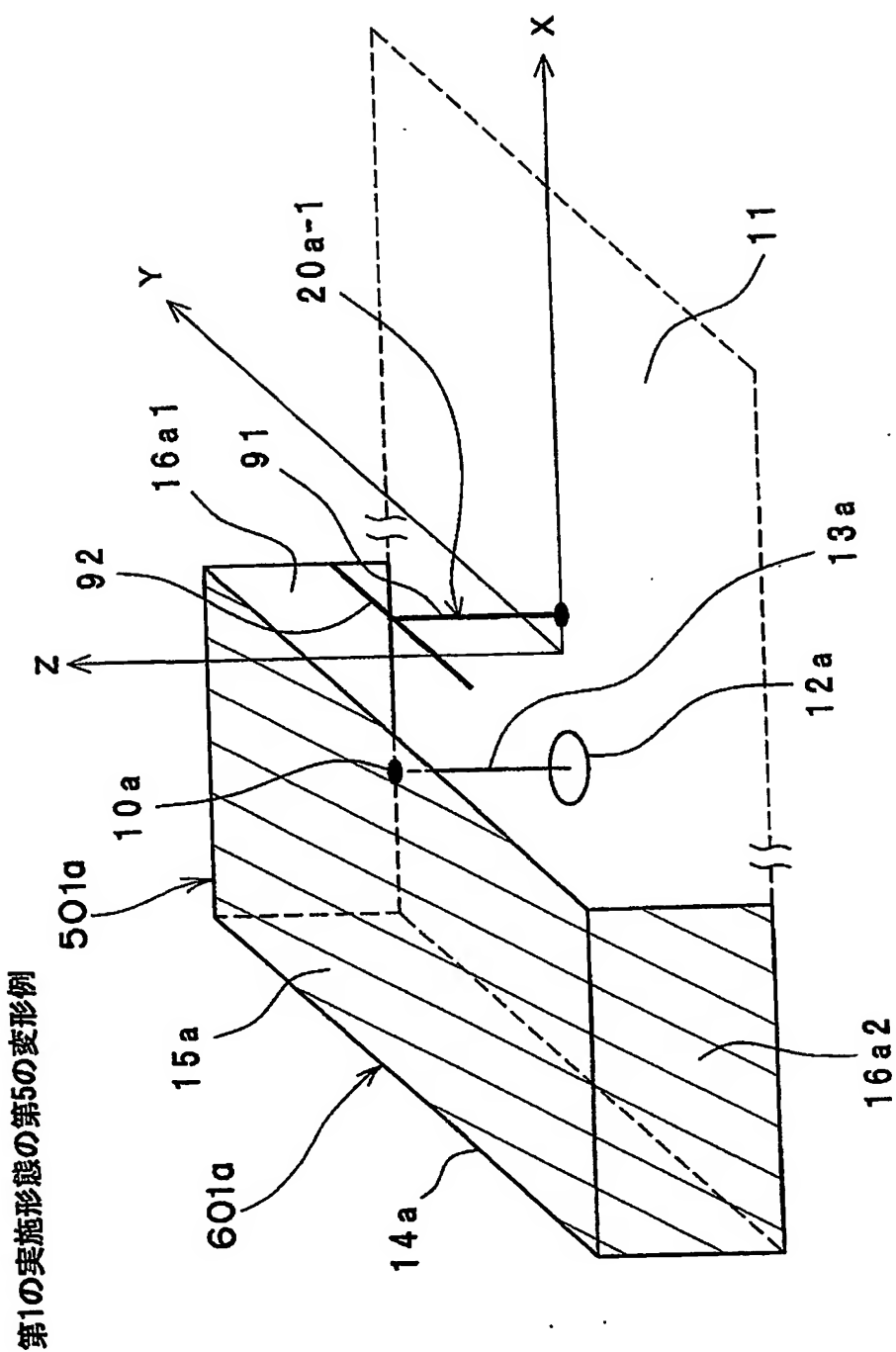


【図 15】

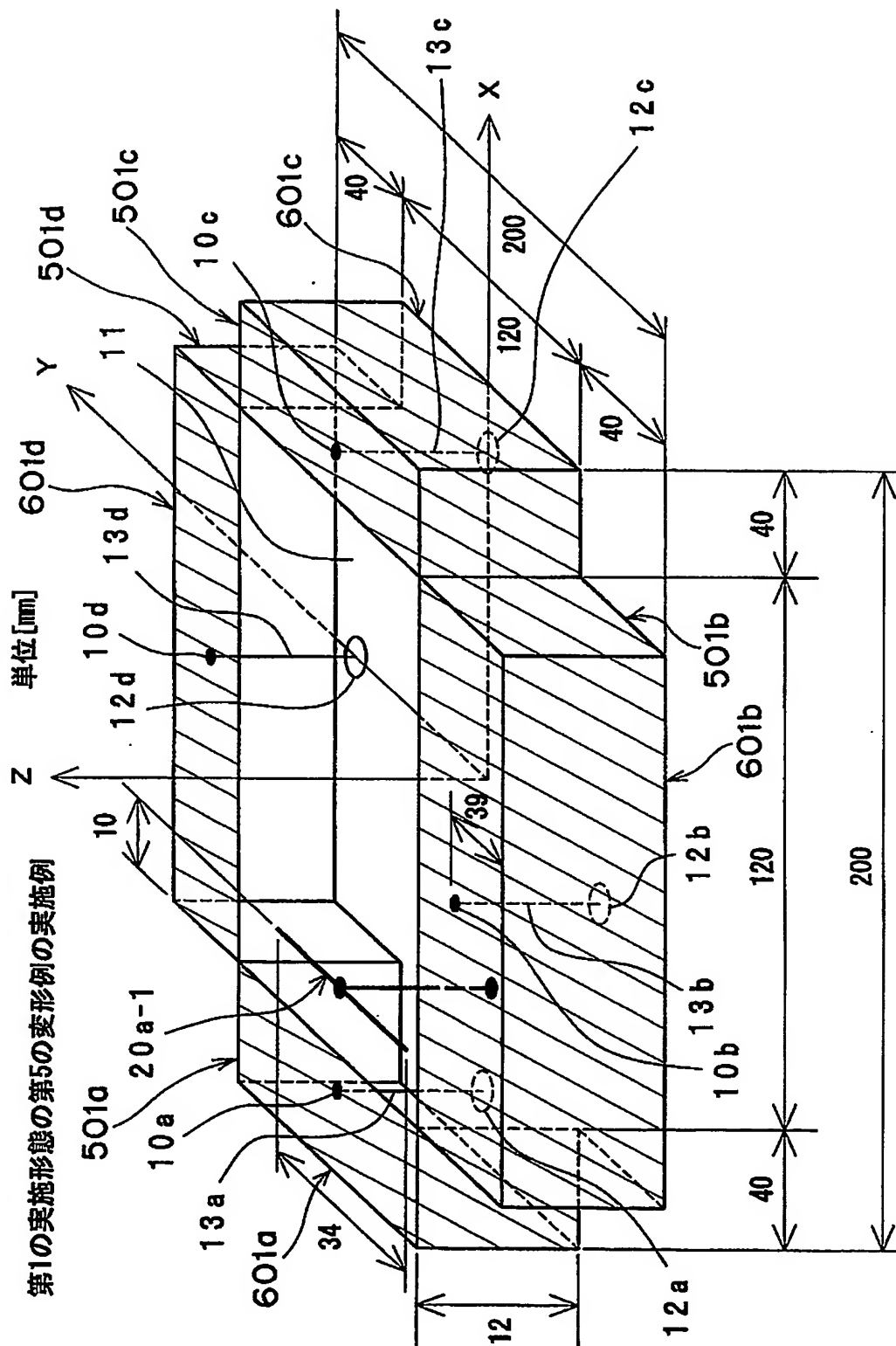
第1の実施形態の第4の変形例



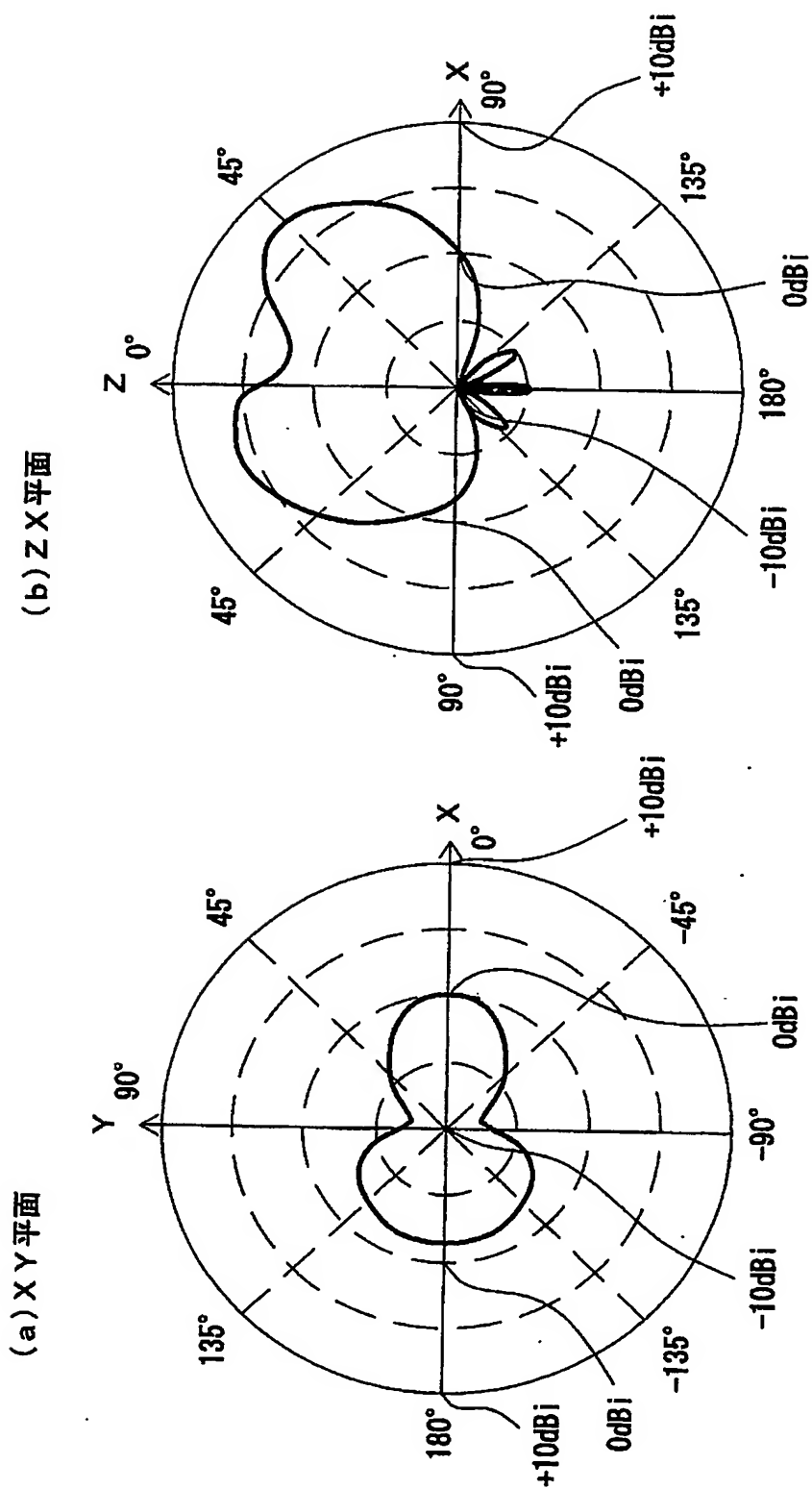
【図 16】



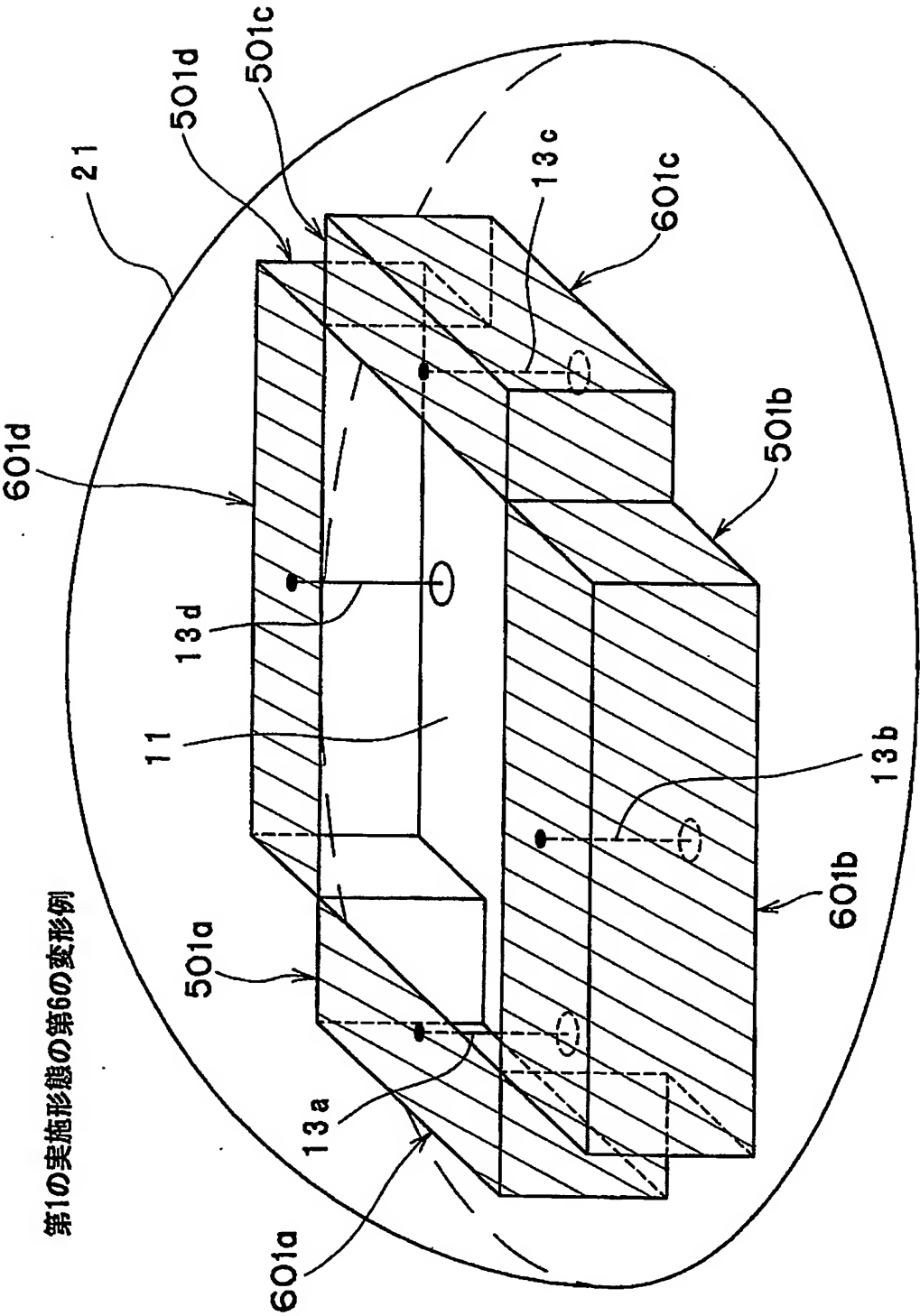
【図 17】



【図 18】



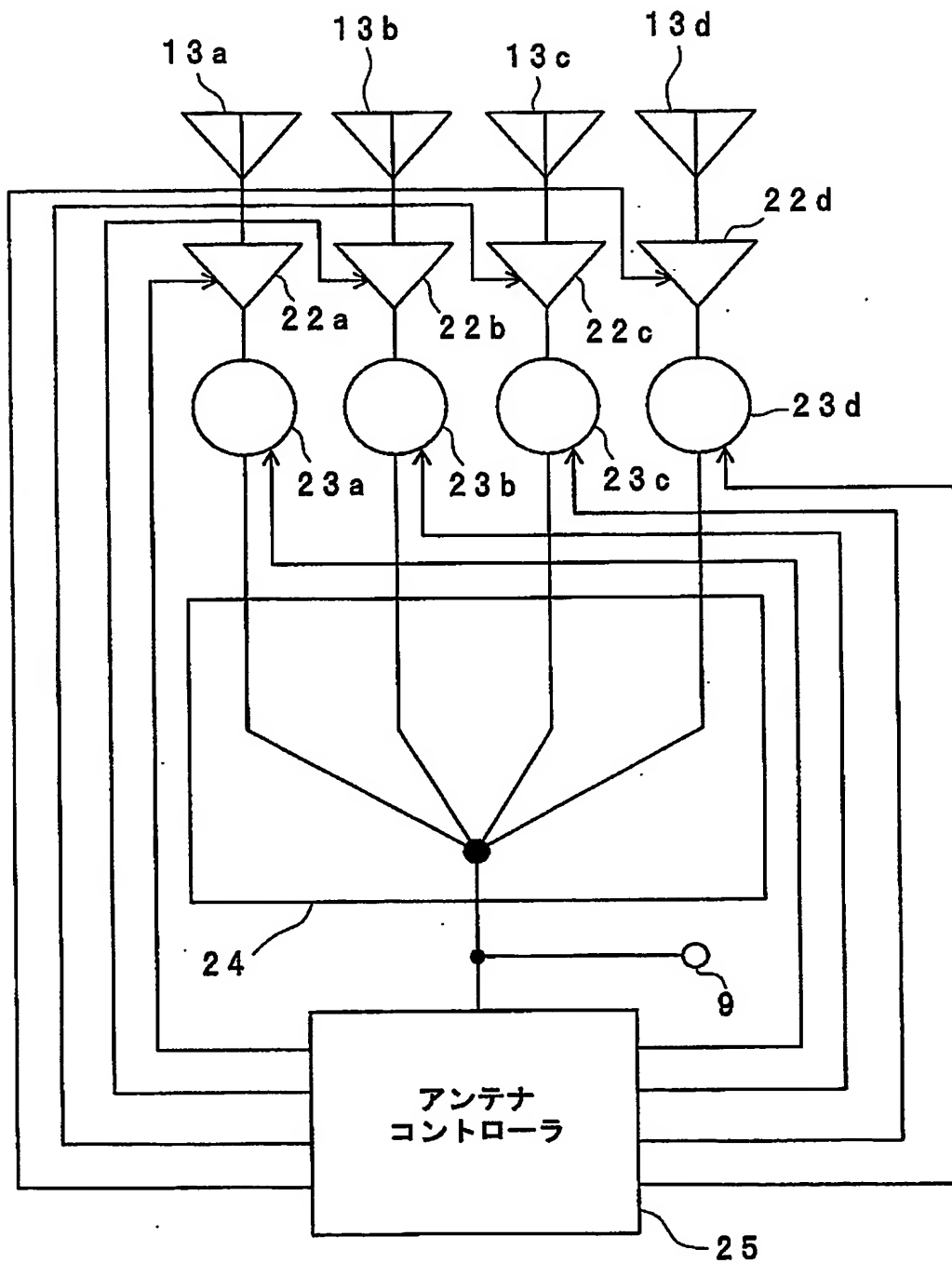
【図19】



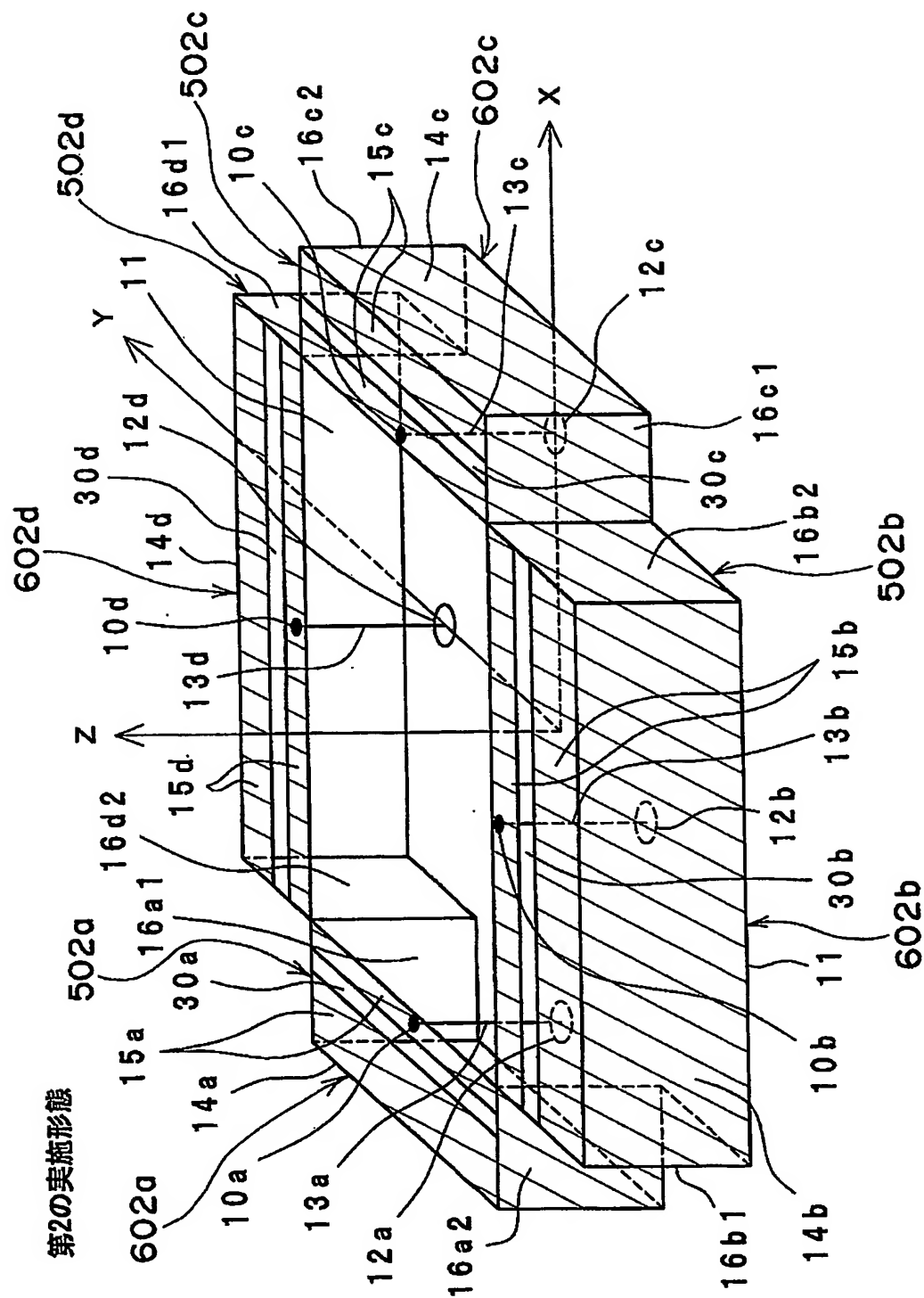
第1の実施形態の第6の変形例

【図 20】

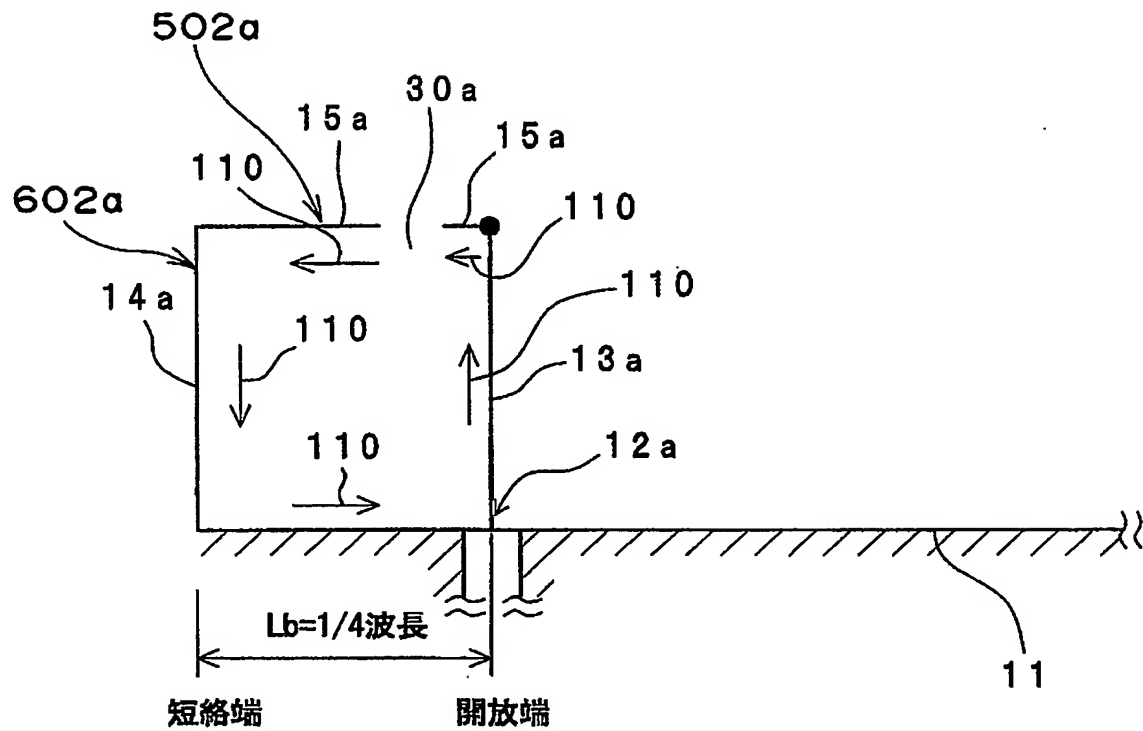
第1の実施形態



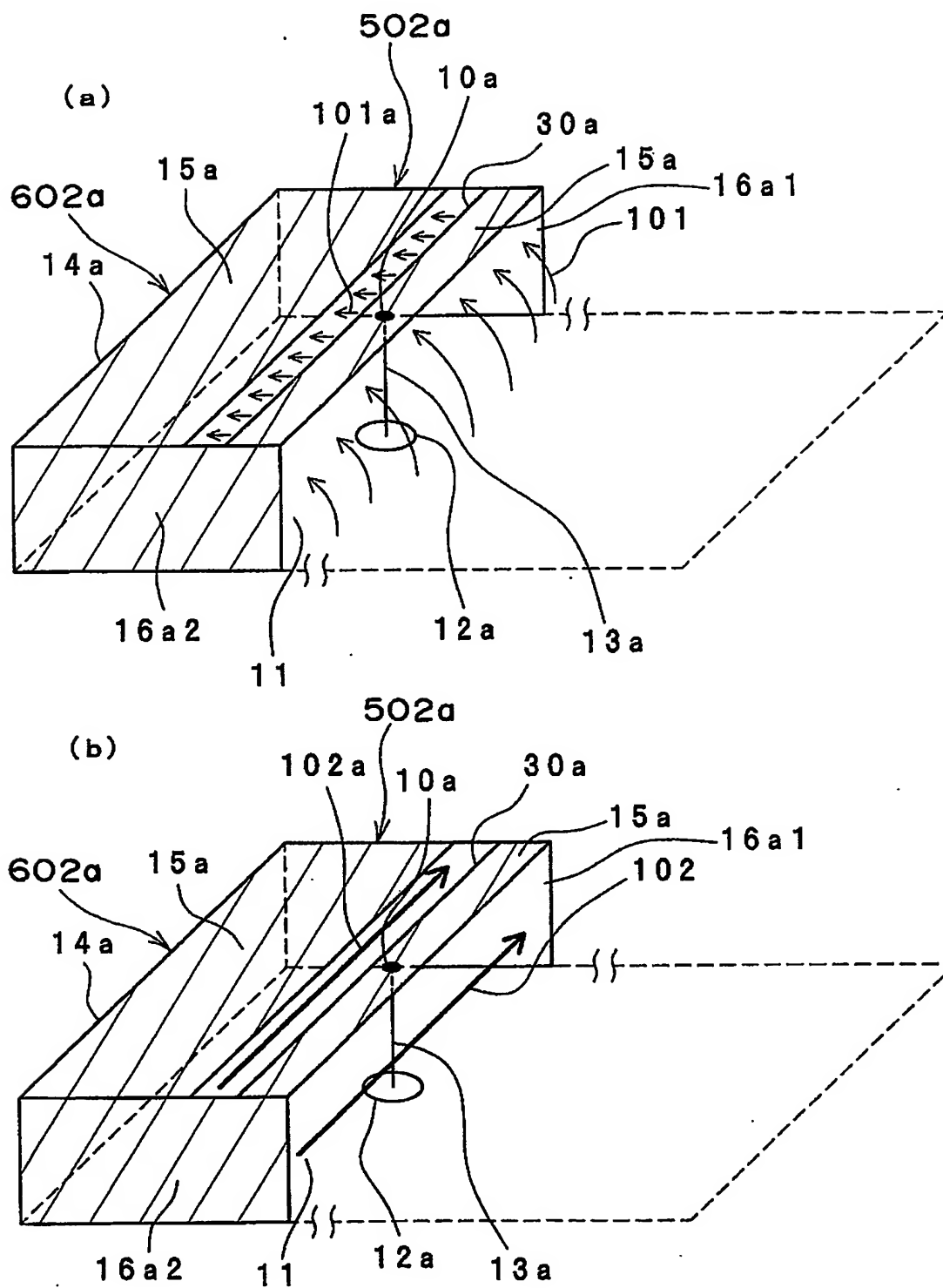
【図 21】



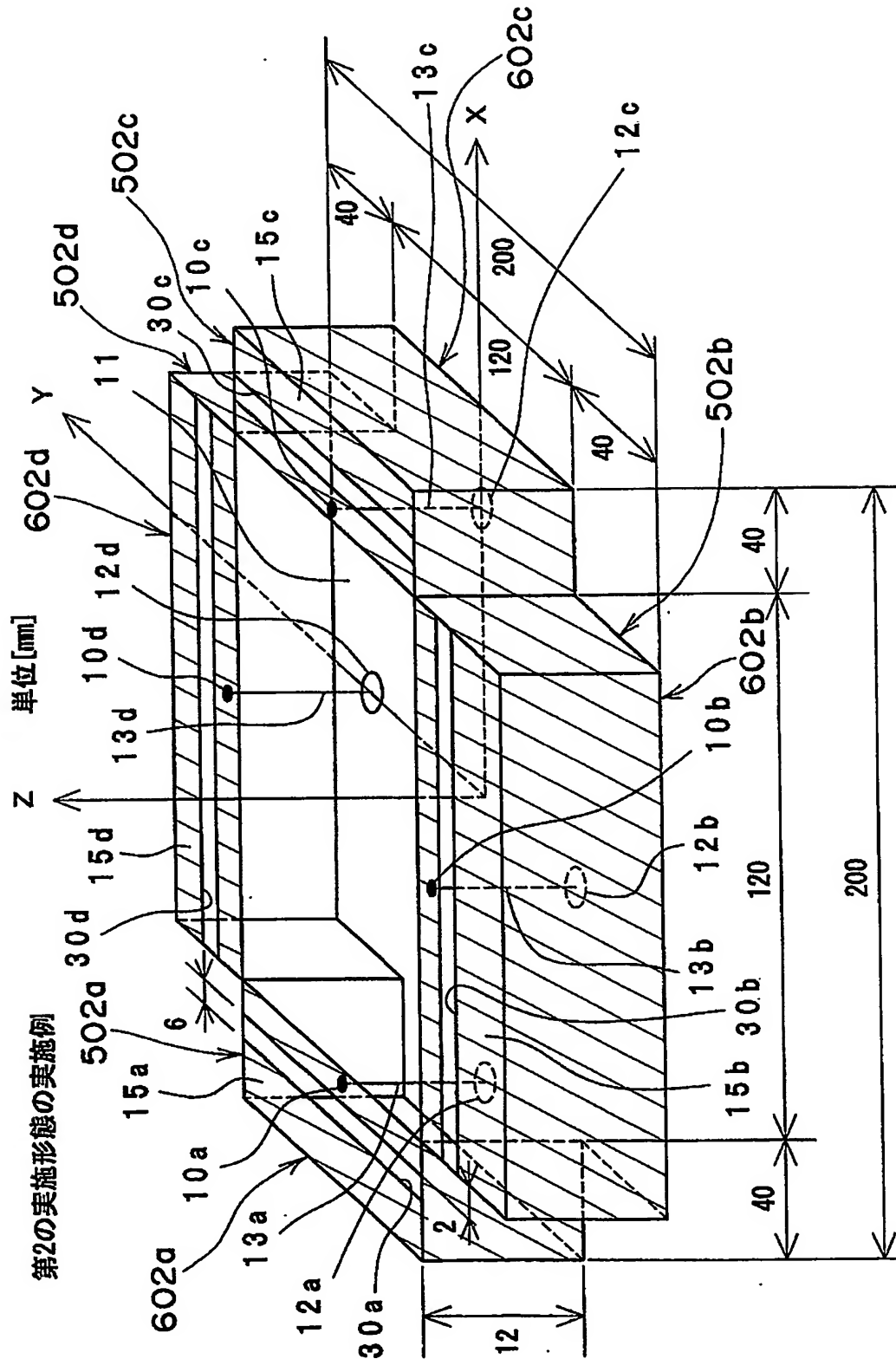
【図 23】



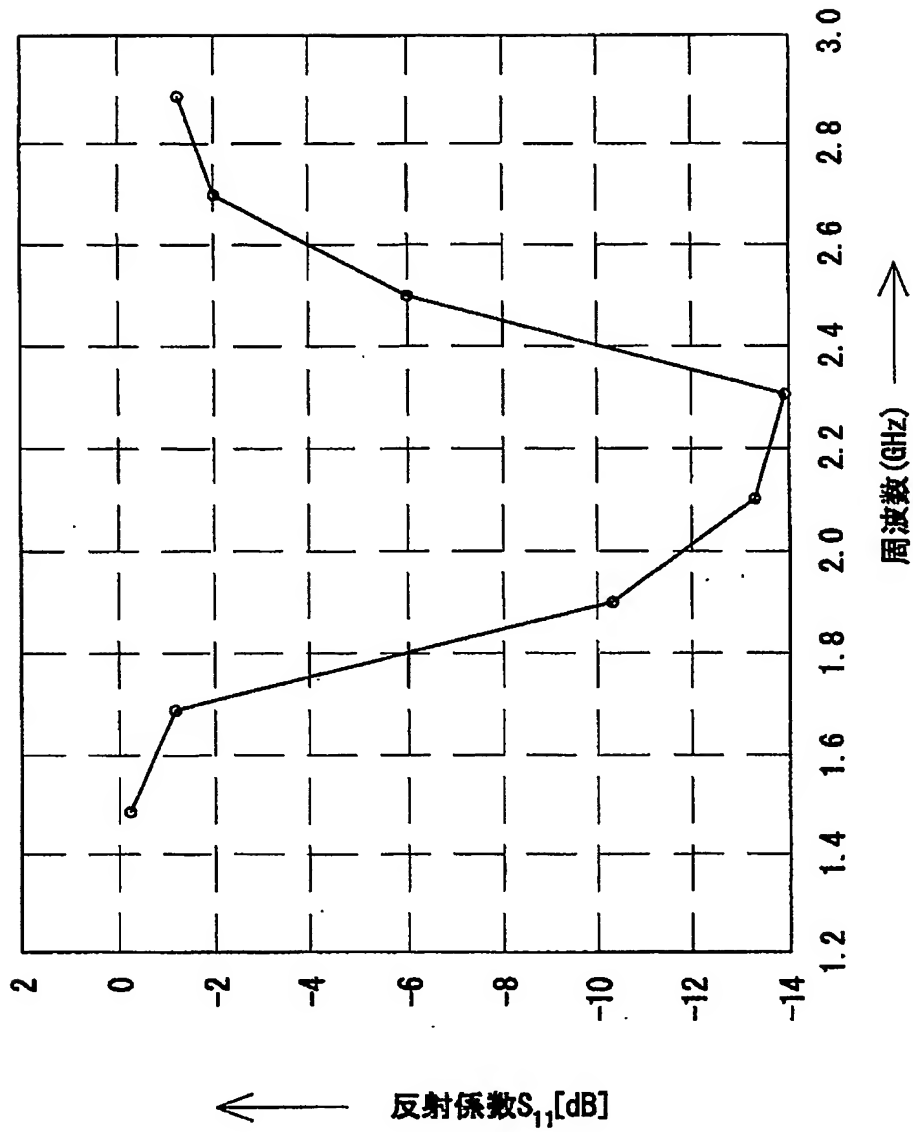
【図24】



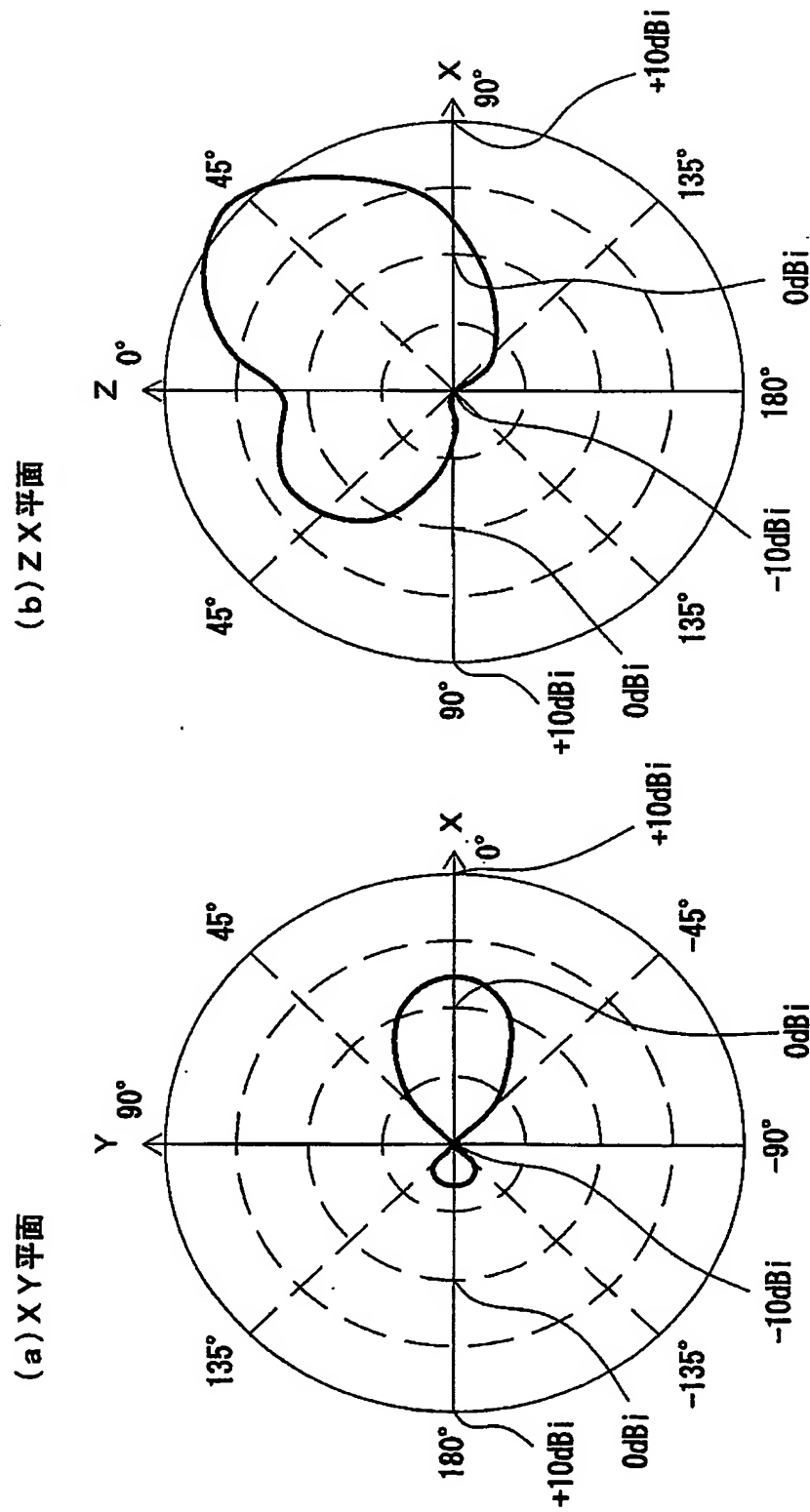
【図 25】



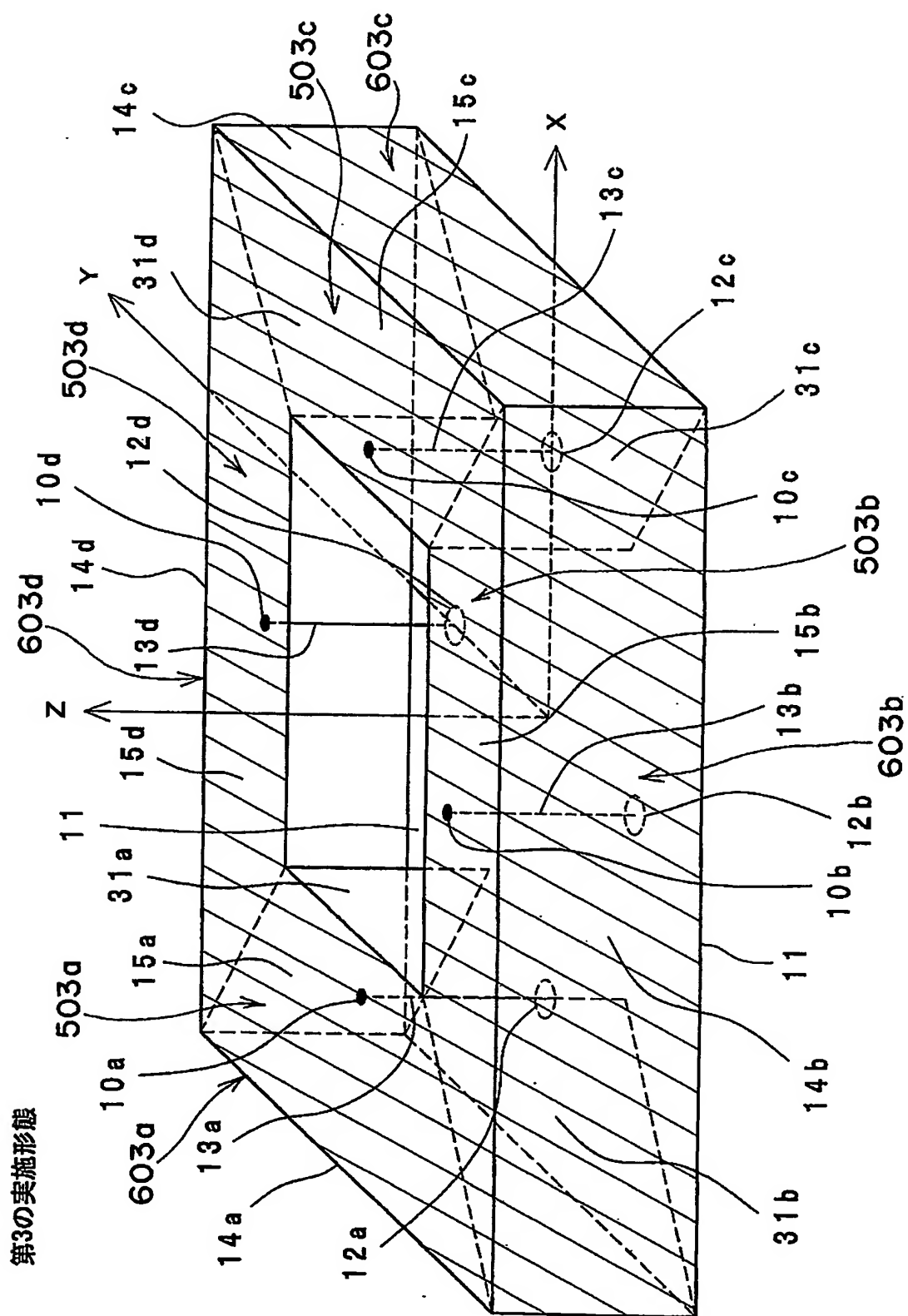
【図 26】



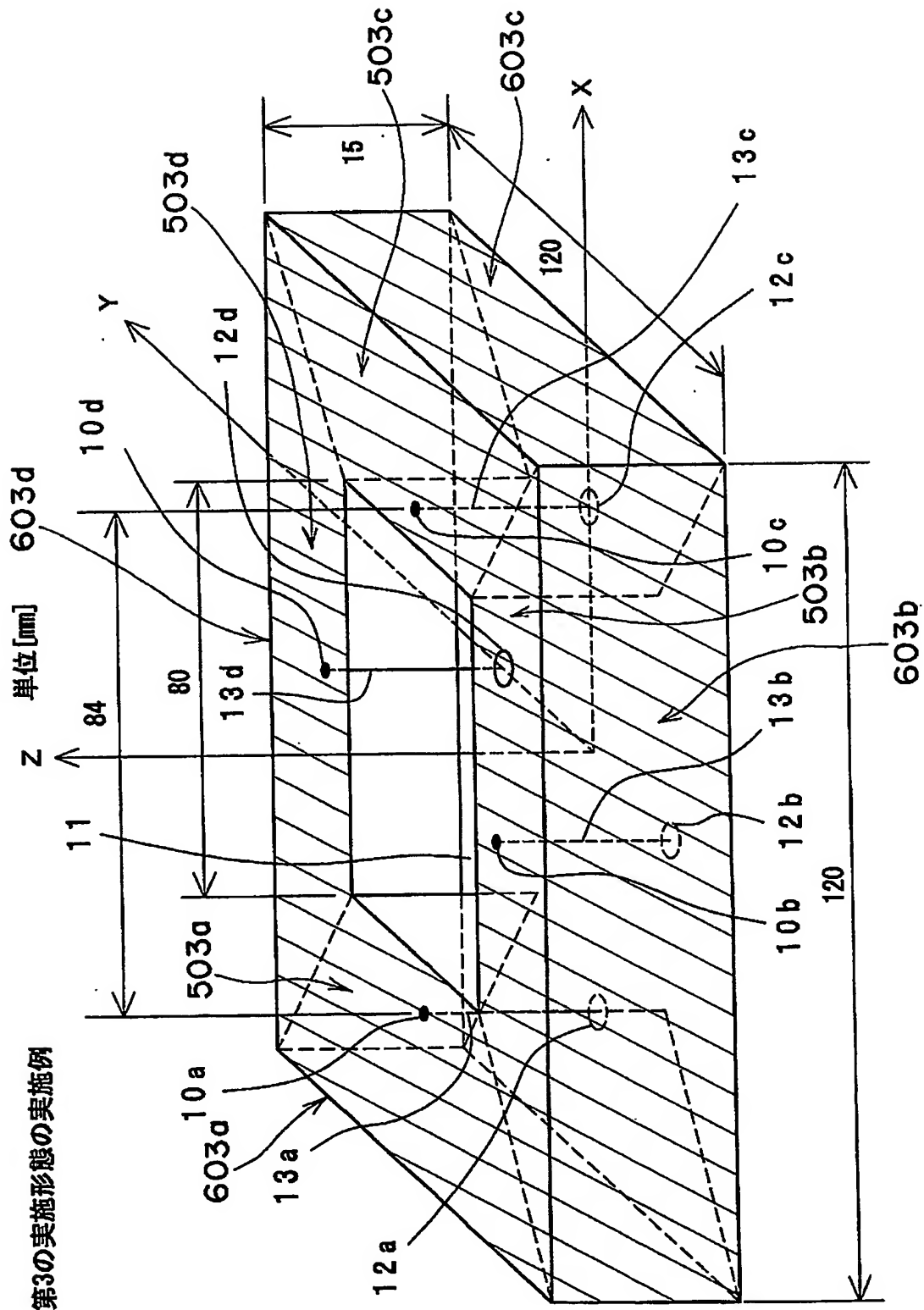
【図 27】



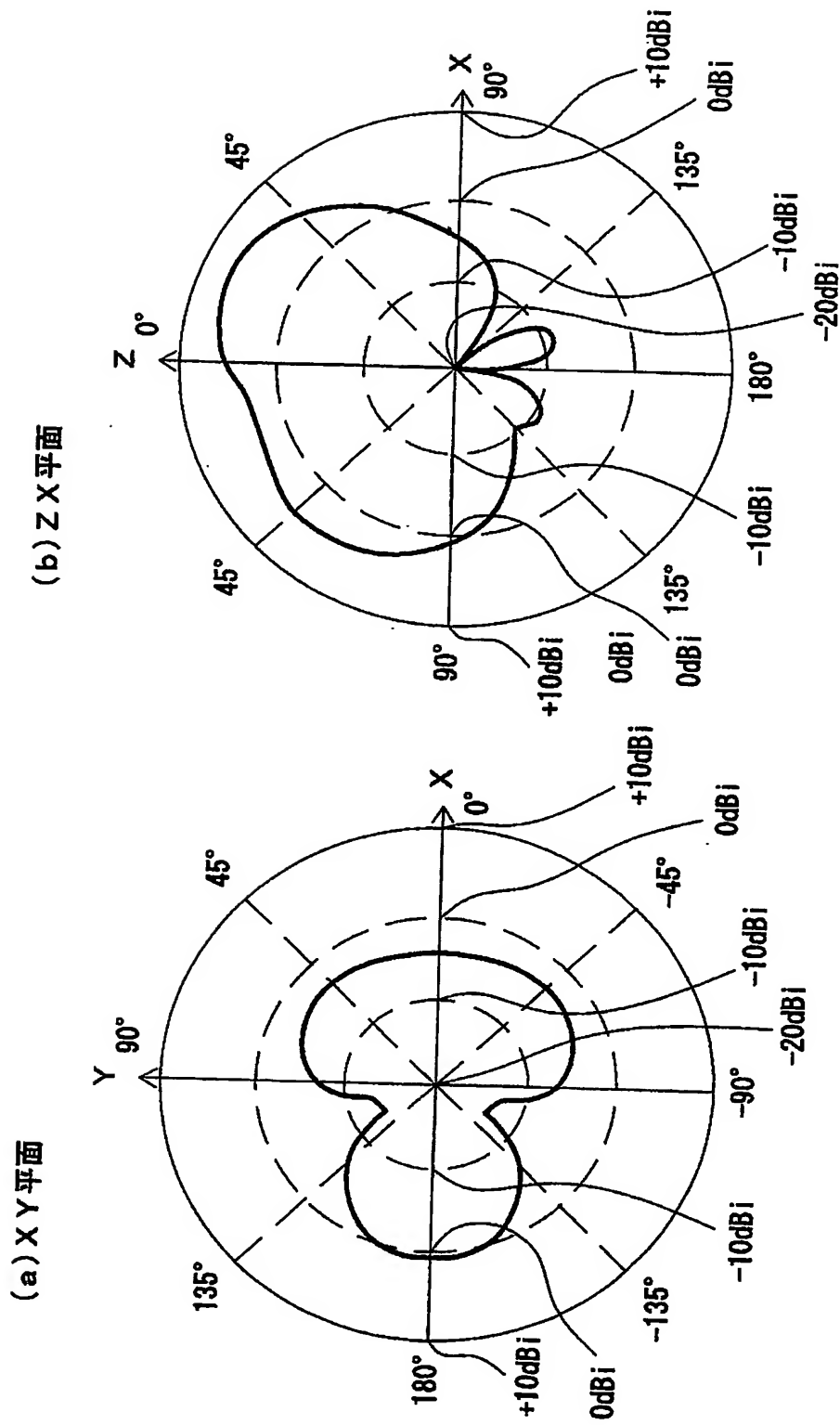
【図 28】



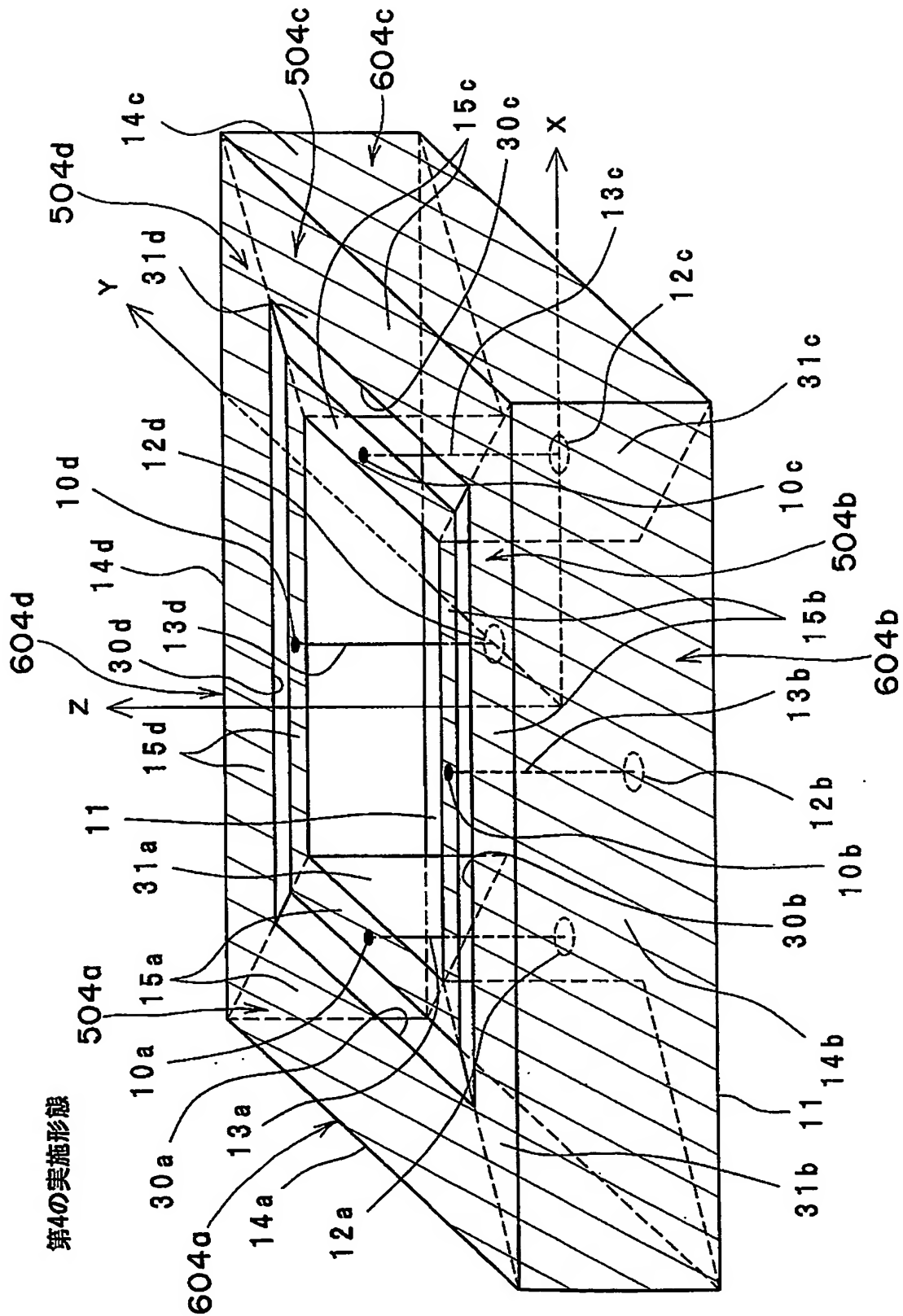
【図 29】



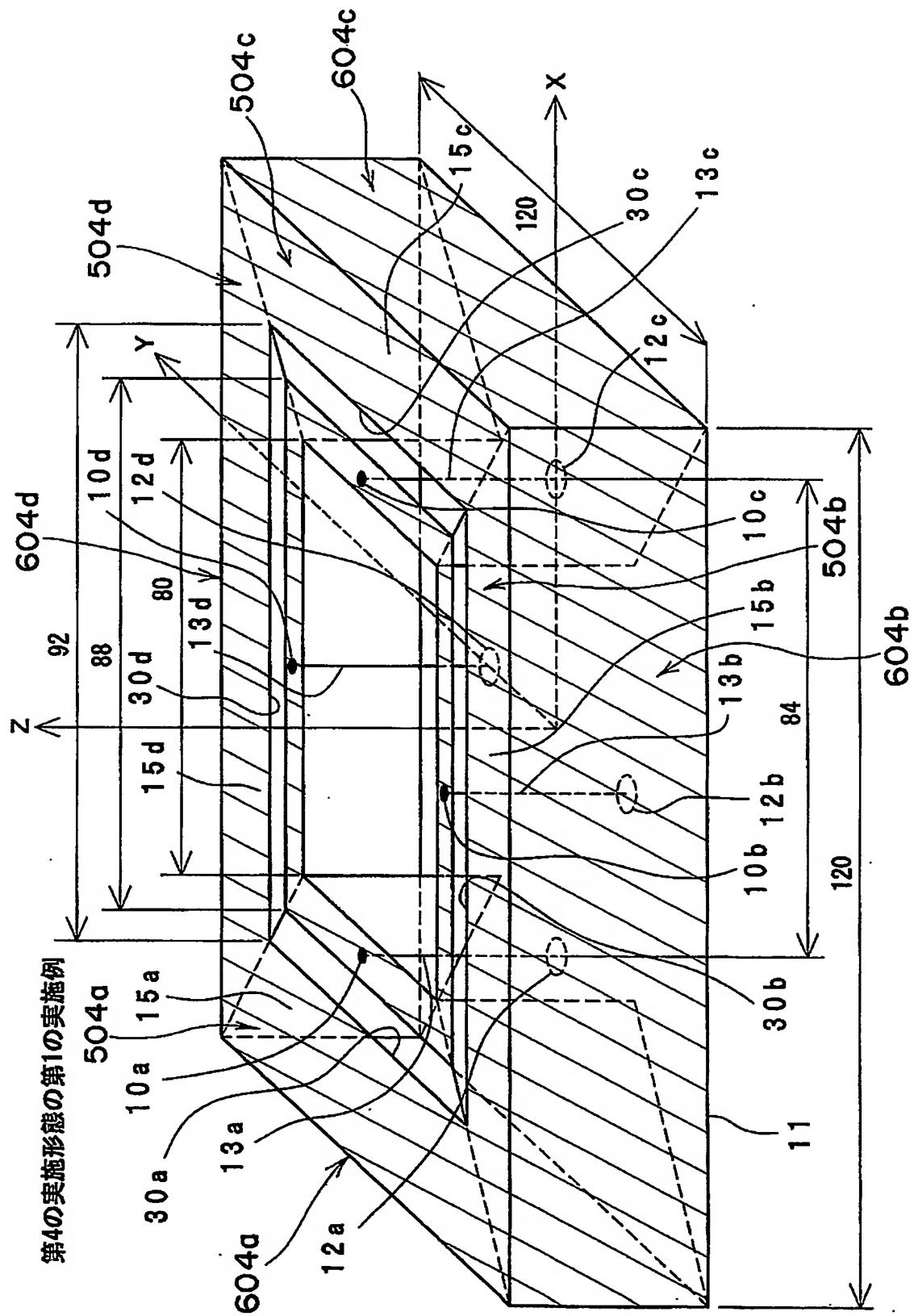
【図 30】



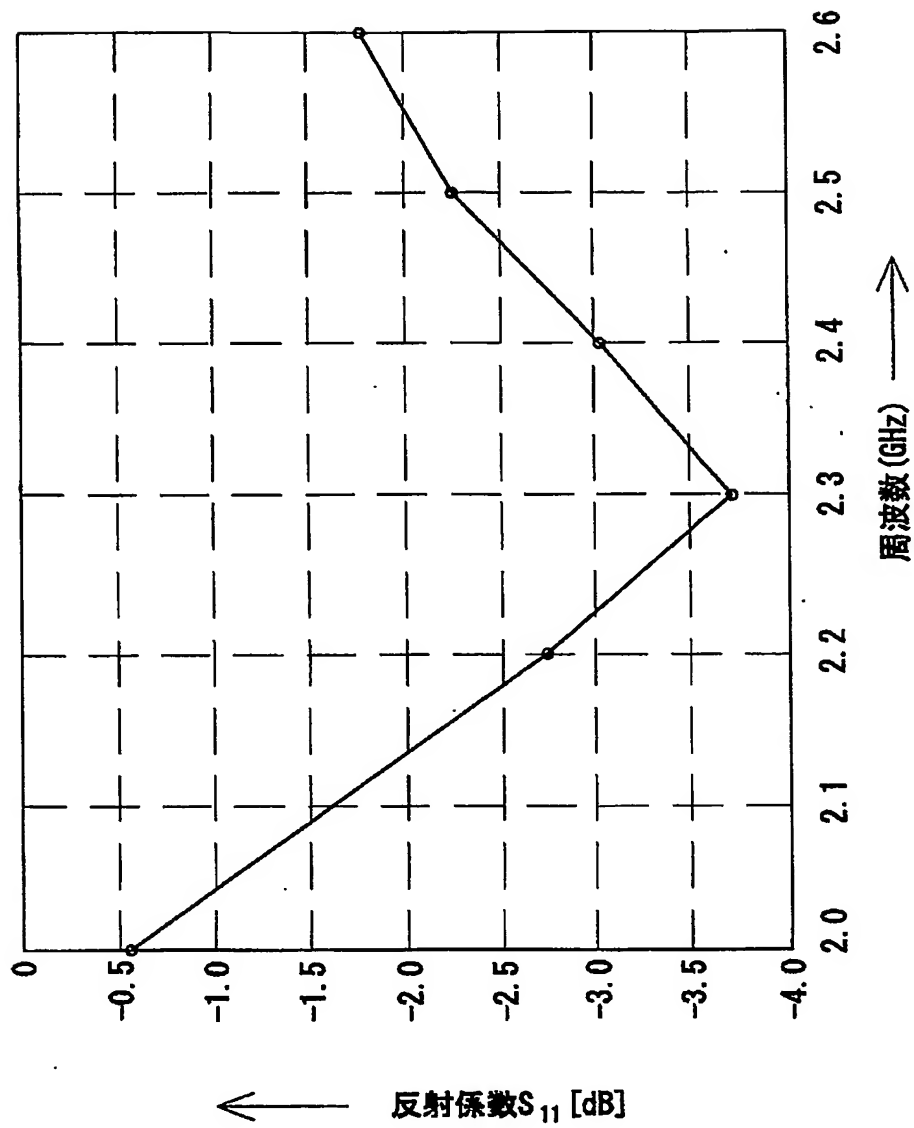
【図31】



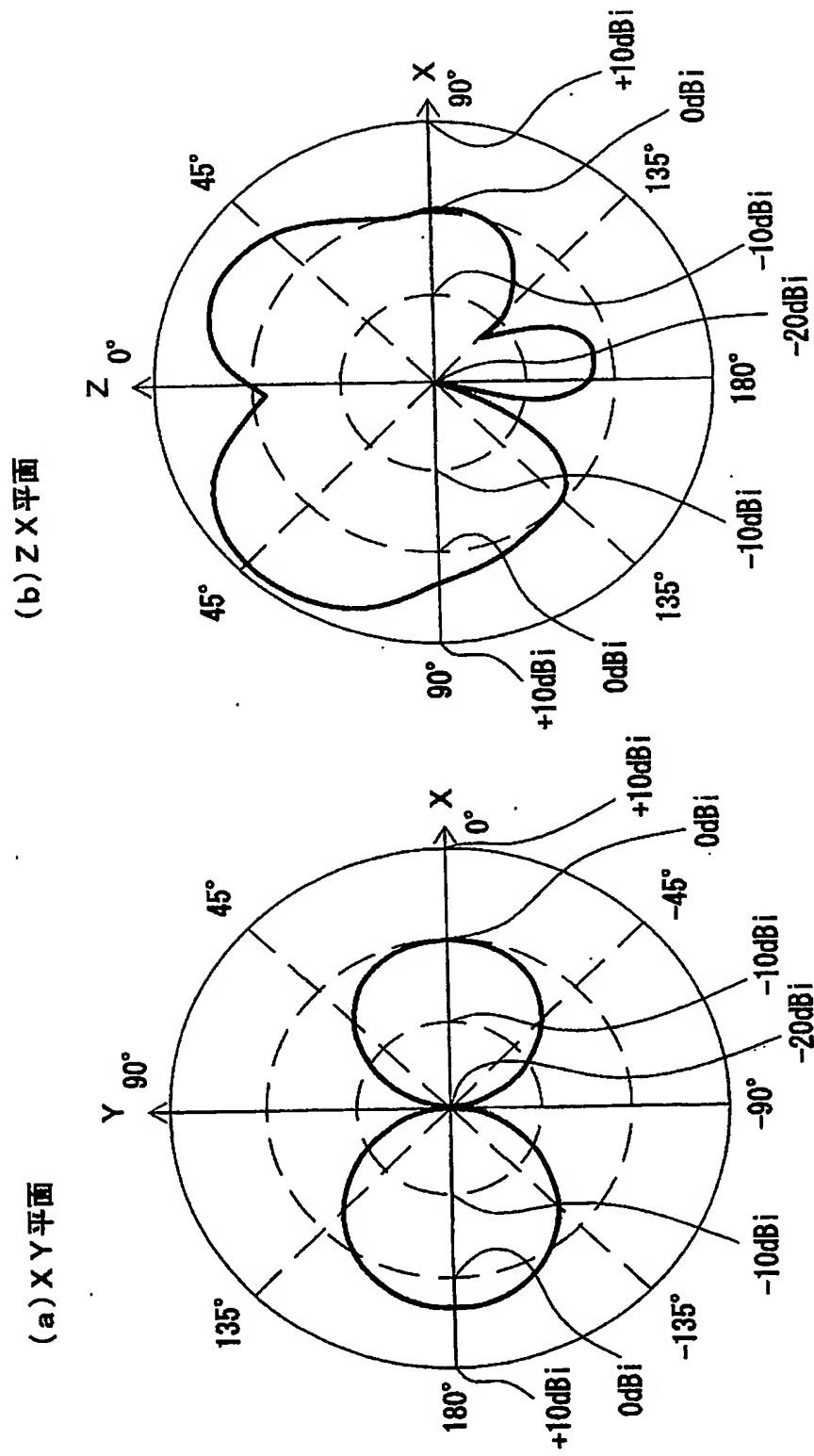
【図 3 2】



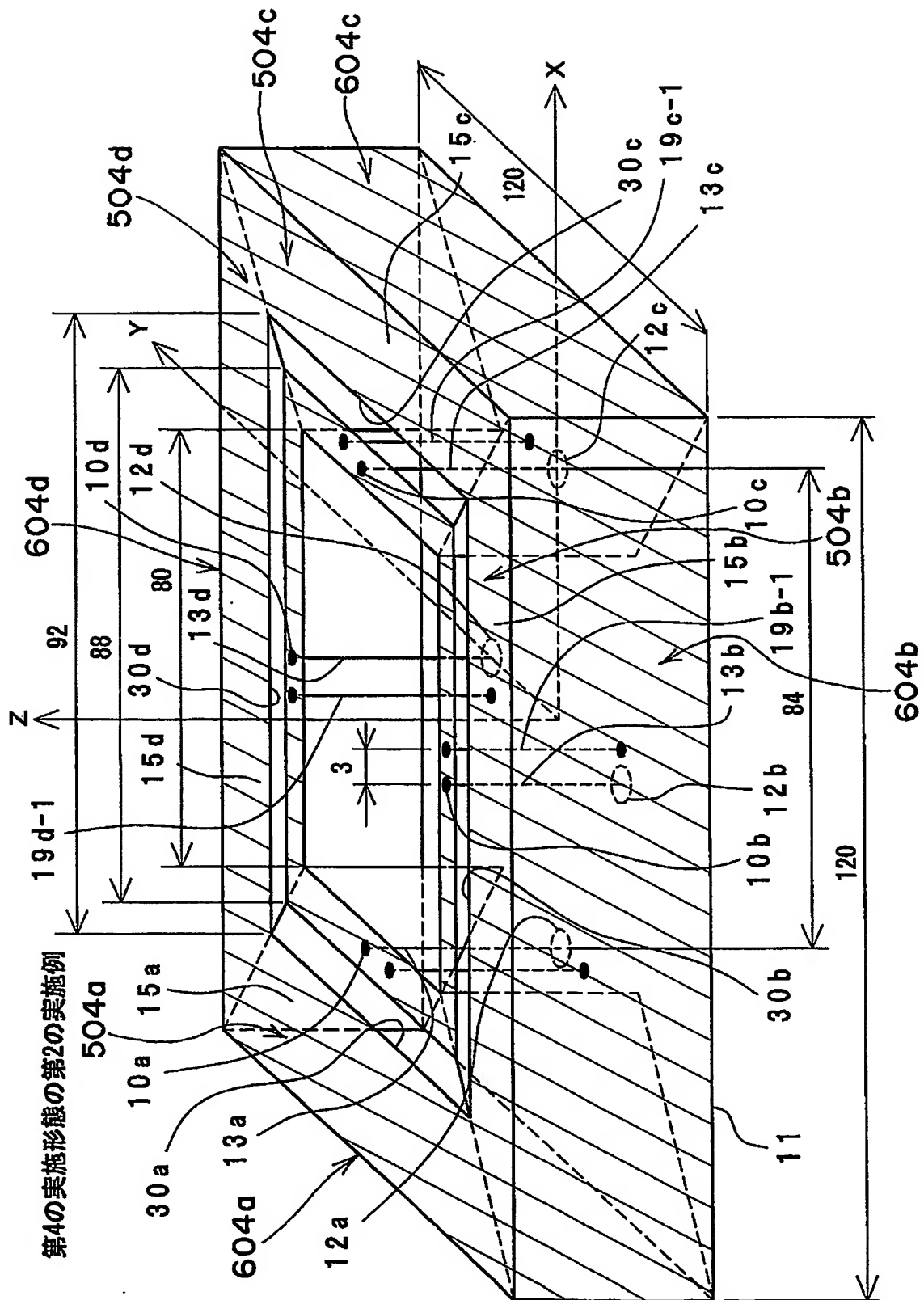
【図 33】



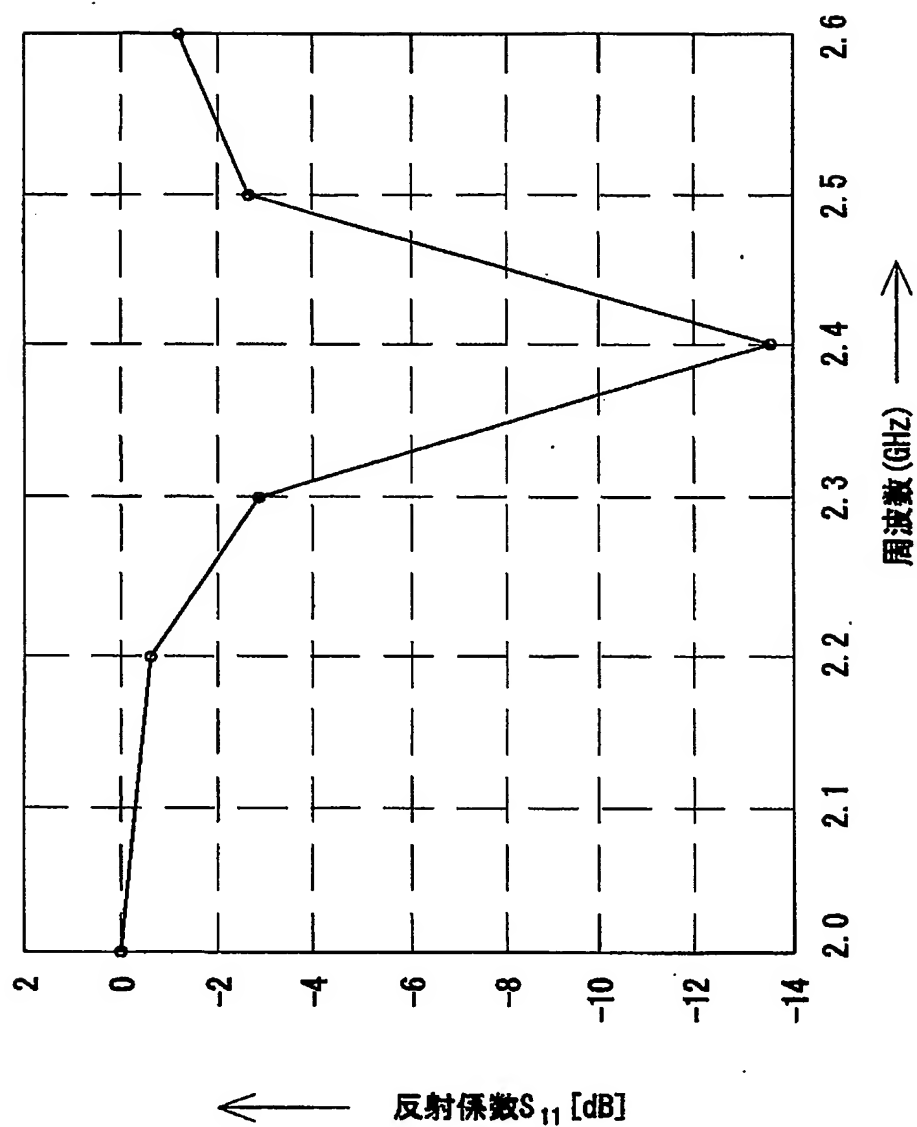
【図 34】



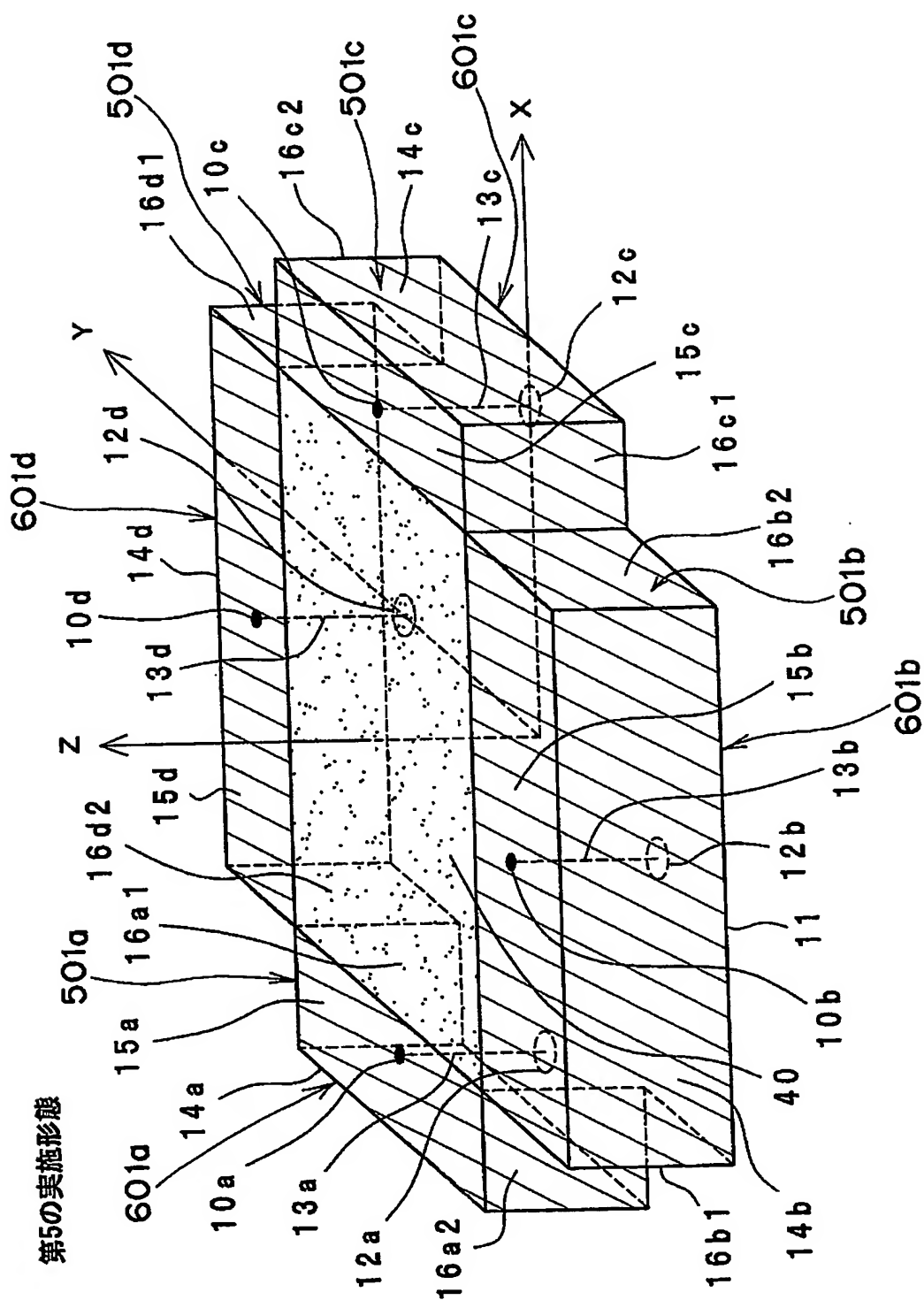
【図35】



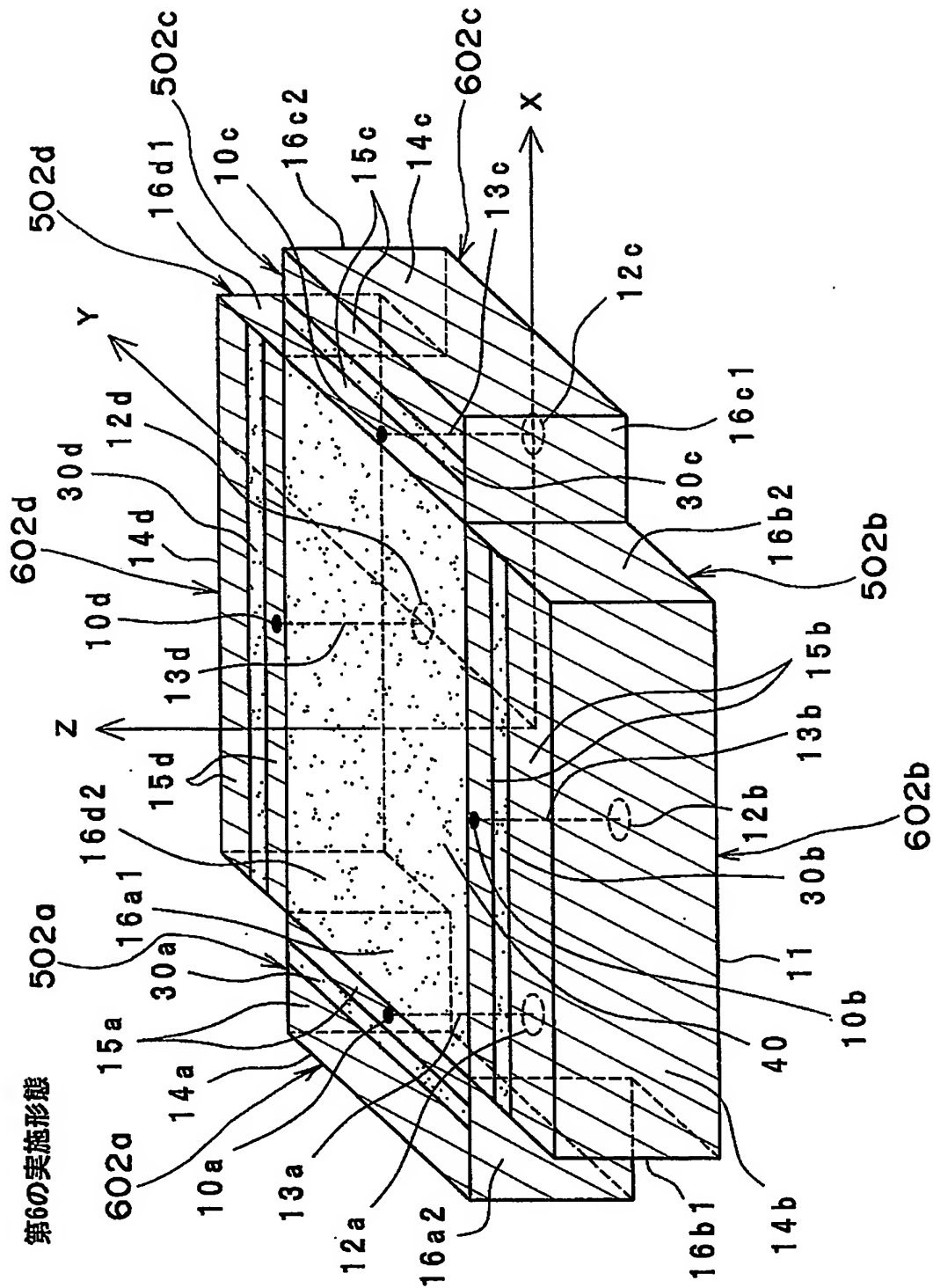
【図 36】



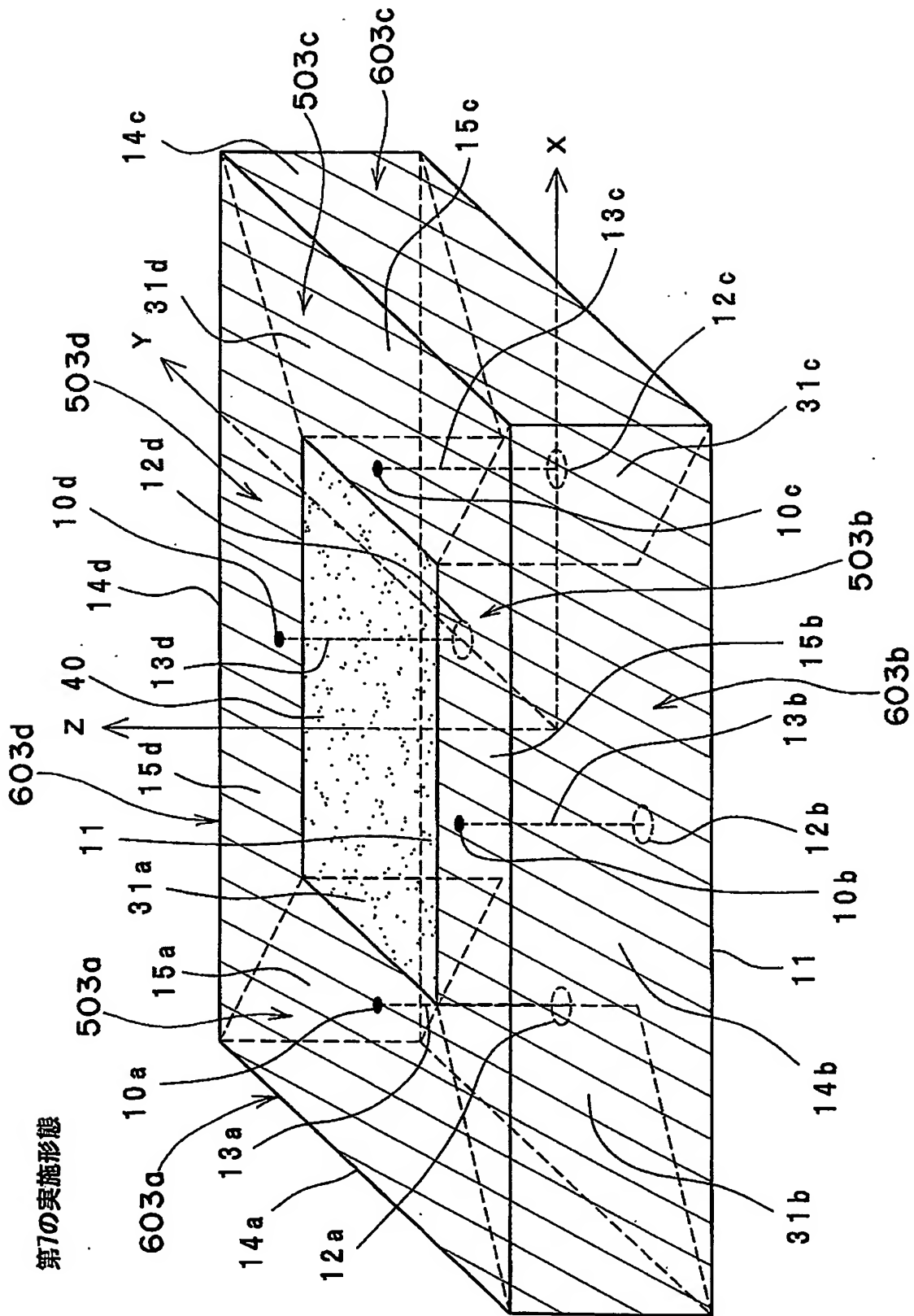
【図37】



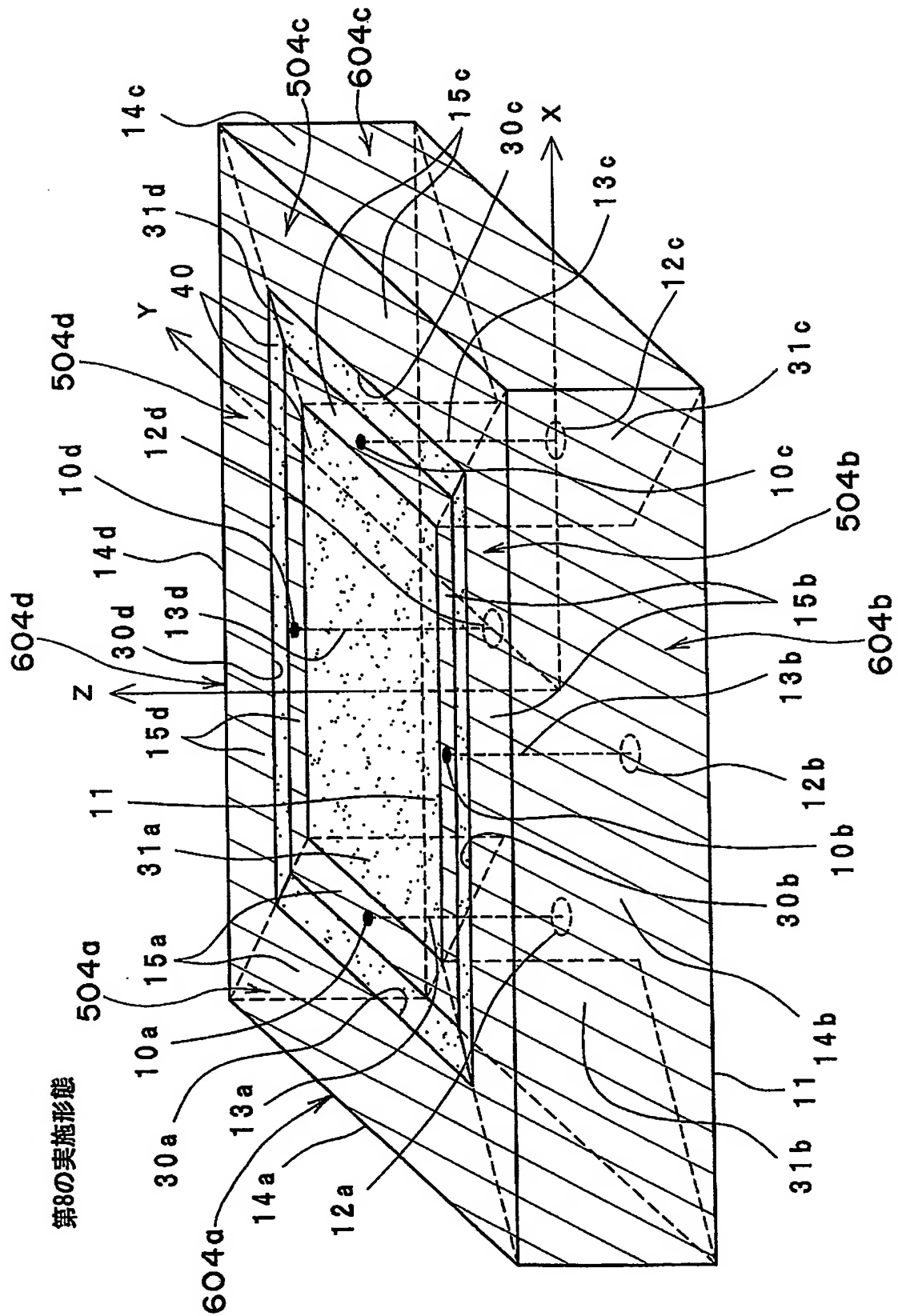
【図38】



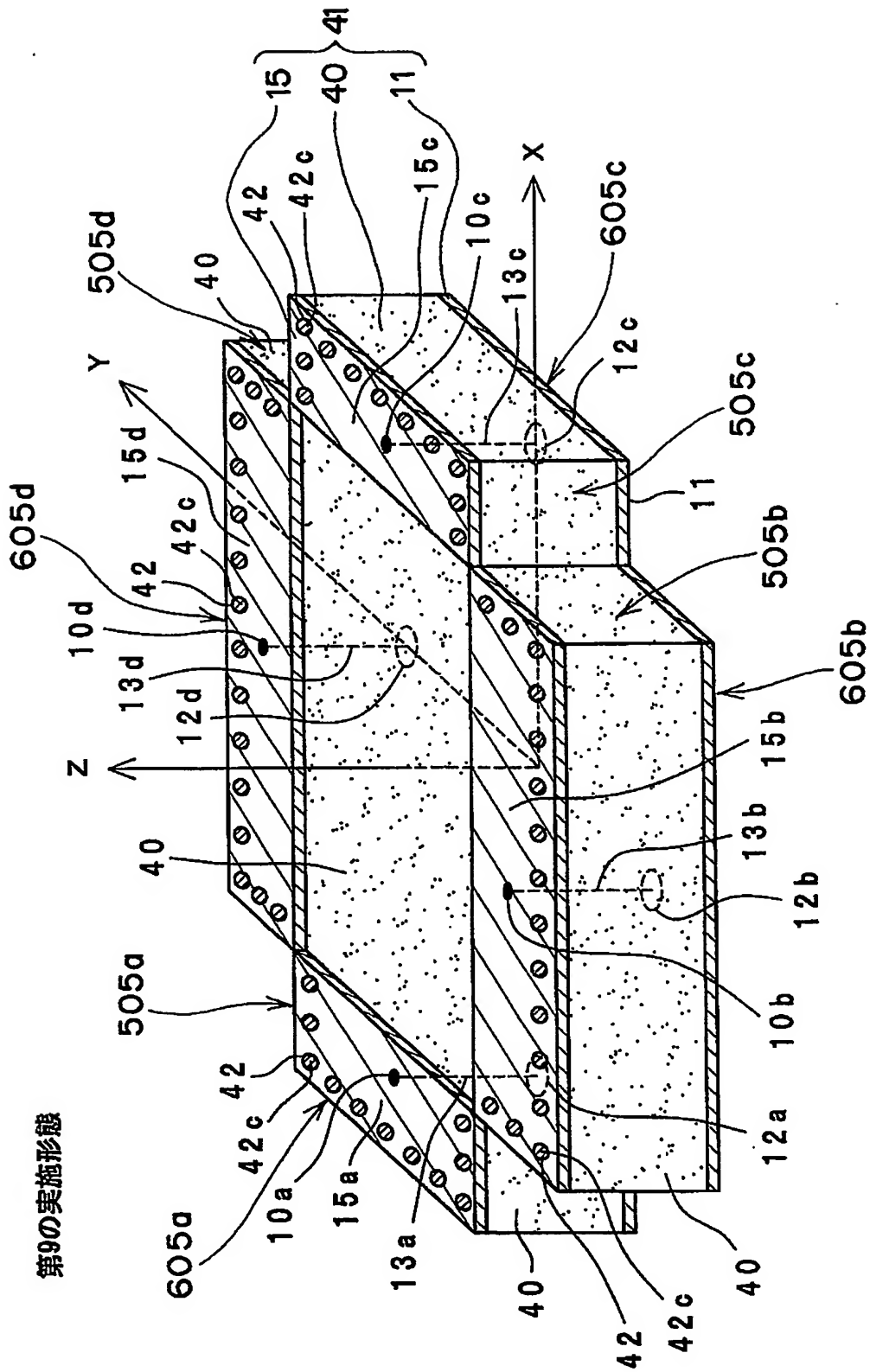
【図 39】



【図40】

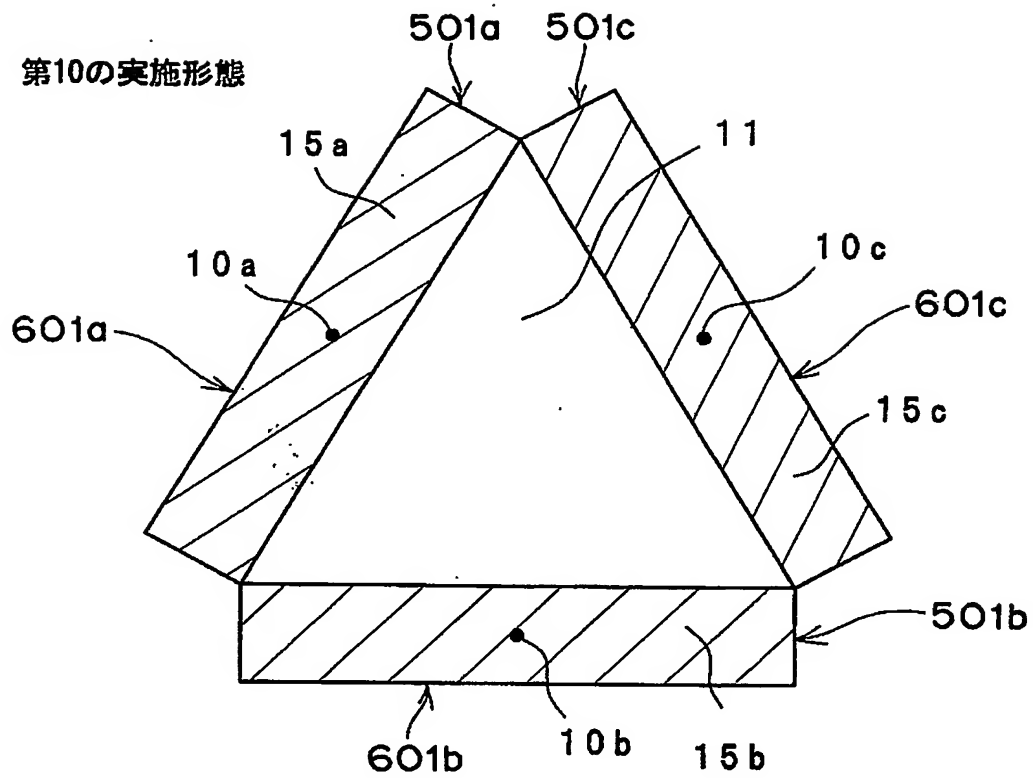


【図41】

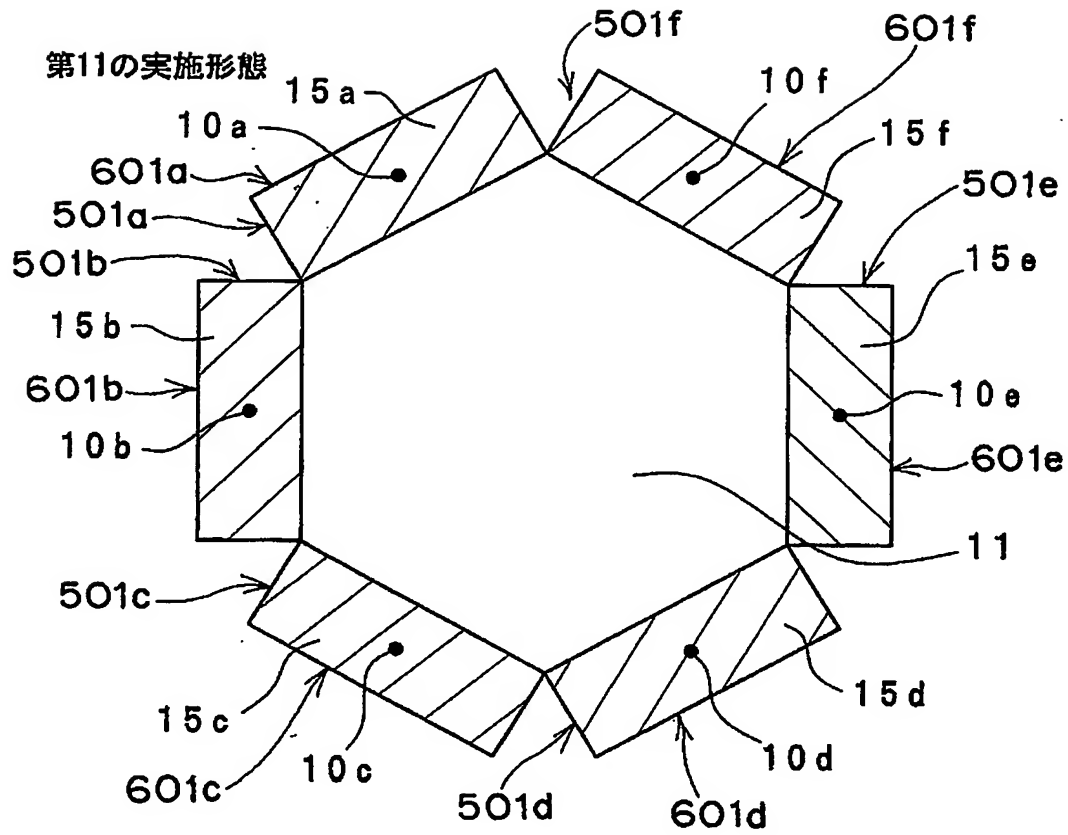


第9の実施形態

【図 42】



【図 43】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 アンテナの高さが低く大きさが小形であって一方向に非常により強い指向性を得てそれを切り替え又は変化させることが可能な導波管アレーアンテナ装置を提供する。

【解決手段】 単一の接地導体 11 上に設けられ、4つの方形導波管 501a-501d とアンテナ素子 13a-13d にてそれぞれ構成される4つの導波管アンテナ部 601a-601d を備える。4つの導波管アンテナ部 601a-601d はその放射指向特性の主ビームがそれぞれ異なる方向を向くように設けられ、無線信号を送受信するアンテナ素子 13a-13d を選択的に切り替えることにより導波管アレーアンテナ装置の指向特性を変化させる。各方形導波管 501a-501d は、接地導体 11 と、この接地導体 11 に対向する天井導体 15a-15d と、接地導体 11 と天井導体 15a-15d とを連結する側面導体 16a1, 16a2-16d1, 16d2 とから構成される。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 7 0 1 3 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名 松下電器産業株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.